

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**3D EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMİYLE FARKLI MALZEMELERDEN
ÜRETİLMİŞ KAVELALI VE TUTKALLI SARIÇAM BİRLEŞTİRME
YERLERİNİN MAKASLAMA DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Barış KOYLU

MART 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**3D EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMİYLE FARKLI MALZEMELERDEN
ÜRETİLMİŞ KAVELALI VE TUTKALLI SARIÇAM BİRLEŞTİRME
YERLERİNİN MAKASLAMA DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ**

Barış KOYLU

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14/ 02 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 19/ 03 / 2025

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Samet DEMİREL

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

Bitirme çalışması kapsamında birleştirme yerlerindeki ahşap ve plastik kavela yerine kullanılabilecek PLA (Poli Laktik Asit), tok PLA, PA (Poliamit) ve tok reçineli (rezinli) kavela üretilmiştir. Birleştirme yerinde kullanılan kavelaların türüne göre gösterdikleri makaslama testi sonuçları gerek kendi aralarında ve gerekse piyasa ürünleriyle karşılaştırılmıştır.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirdiğimi bu çalışmamda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Samet DEMİREL'e, Prof Dr Nurgül AY'a, Doç. Dr. Önder TOR'a, laboratuvarında ve testlerde her zaman yanımda olan ve teknik desteklerini esirgemeyen Ümit KARTAL ve Öğr. Gör. Kutay ÇAVA'ya ve Nada MTERAF'a teşekkür ederimi bir borç bilirim.

Barış KOYLU
Trabzon, 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “3D Eklemeli İmalat Yöntemiyle Farklı Malzemelerden Üretilmiş Kavelalı Ve Tutkallı Sarıçam Birleştirme Yerlerinin Makaslama Dirençlerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Samet DEMİREL’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. - /- /2025

Barış KOYLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Materyal	3
2.1.1. Ağaç Malzeme	3
2.1.2. Mobilya	3
2.1.3. Mobilyada Birleştirme Yöntemleri	6
2.1.4. Metal Bağlantı Elemanları	8
2.1.5. Kavela	9
2.1.6. Kavela Yapımında Kullanılan Malzemeler.....	12
2.1.7. PLA	13
2.1.8. Tok PLA.....	14
2.2. Yöntem	16
2.2.1. 3D Yazıcılar	16
2.2.2. Kullanılan Yazıcılar	18
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	22
3.1. Materyal ve Metot.....	22
3.1.1. Materyal	22
3.1.2. Metot	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. PLA Kavelalı Birleştirme Yerleri	29

4.2. Tok PLA Kavelalı Birleştirme Yerleri	32
4.3. PA Kavelalı Birleştirme Yerleri	35
4.4. Tok Reçine Kavelalı Birleştirme Yerleri	35
4.5. Masif Kavelalı Birleştirme Yerleri	41
4.6. Piyasa Plastiği Kavelalı Birleştirme Yerleri	42
4.7. Genel Değerlendirme	43
5. SONUÇLAR.....	46
6. KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

3D EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMİYLE FARKLI MALZEMELERDEN ÜRETİLMİŞ KAVELALI VE TUTKALLI SARIÇAM BİRLEŞTİRME YERLERİNİN MAKASLAMA DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Samet DEMİREL
2025, 50 Sayfa

Bu tez çalışmasında 3 D yazıcılarla PLA, tok PLA, PA ve tok reçine malzemeleri kullanarak üretilen düz spiral ve yivli desenli kavelaların tutkallanarak sarıçam yüzey-kenar birleşme yerlerinin tutkal ile tutturulması sonucu oluşturulan mobilya birleşme yerlerinin makaslama (kesme) dirençleri ölçülmüştür. Sonuçlara bakıldığında en yüksek makasla direnci değerini 2845 N ortalama değeriyle tok reçineden üretilmiş düz desenli kaveladan üretilmiş birleşme yerleri vermiştir. Daha sonra bunu 2819 N’la yivli desenli kavela ve 2725 N’la spiral desenli tok reçine kavelaların makaslama direnci değerleri takip etmiştir. Tok reçineden üretilmiş kavelalardan üretilen sarıçam birleşme yerlerinin makaslama performanslarını sırasıyla tok PLA, PLA ve PA’dan üretilmiş farklı desenlerdeki kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama performansları takip etmiştir. Farklı desenlerden üretilmiş kavelalardan üretilen birleşme yerlerinin makaslama direnci arasında genel anlamda istatistiki olarak bir fark bulunmamaktadır. Burada PA’dan üretilmiş yivli ve düz desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama performansı istatistiki olarak spiral desenli olarak üretilen kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Diğer taraftan tok rezin kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama performansı piyasada da kullanılan masif ve PA kalıp yöntemiyle üretilen kavelaların makaslama performansından yüksek çıkmıştır. Birleşme yerlerinin kırılma modlarına bakıldığında tok malzemelerden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinde tutkal hattında kopma ve kavelanın üst kenara yakın kısımda sarıçam ahşap malzemesinin kopması şeklinde gözlenirken PA ve PLA dan üretilen kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modları sadece sarıçam örneklerinin tutkal hattından kopması şeklinde gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Birleşme yeri, 3 D Yazıcılar, PLA, Tok PLA, PA, kavela, sarıçam.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF SHEAR RESISTANCE OF GLUED SCOTS PINE JOINTS WITH 3D PRINTED DOWELS MANUFACTURED FROM DIFFERENT MATERIALS

Barış KOYLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Programme
Supervisor: Doç. Dr. Samet DEMİREL
2025, 50 Pages

In this thesis study, the shear resistances of the joints constructed by gluing straight spiral and grooved patterned dowels produced using PLA, tough PLA, PA and tough resin materials with 3D printers and gluing them to Scots pine surface-edge joints were measured. Results indicated that the highest shear resistance value was given by the joints produced from straight patterned dowels produced from tough resin with an average value of 2845 N. This was followed by the shear resistance values of grooved patterned dowels with 2819 N and spiral patterned tough resin dowels with 2725 N. The shear performances of the Scots pine joints produced from tough resin dowels were followed by the shear performances of the joints with different patterns produced from tough PLA, PLA and PA, respectively. There is no statistical difference in the shear resistance of the joints produced from dowels produced with different patterns in general. Here, the shear performances of the joints with grooved and straight patterned dowels made of PA were statistically higher than the joints with spiral patterned dowels. On the other hand, the shear performance of the joints with tough resin dowels was higher than the shear performance of the dowels produced with solid wood and PA molding methods also used in the market. When the failure modes of the joints were observed, it was observed that in the joints with dowels made of tough materials, rupture at the glue line and rupture of the Scots pine wood material near the upper edge of the dowel, while the fracture modes of the joints with dowels made of PA and PLA were only rupture of the Scots pine samples from the glue line.

Key words: Joints, 3 D Printers, PLA, Tough PLA, PA, Dowel, Scots pine.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	a) Lambalı, b) kavelalı, c) kendinden çıtalı en birleştirmeleri.....	7
Şekil 2.	Metal Bağlantı Elemanı Çeşitleri	9
Şekil 3.	Metal Kavela	11
Şekil 4.	Piyasada sıkça kullanılan plastik (PA) kavela.....	11
Şekil 5.	Ahşap (Masif) Kavela.....	12
Şekil 6.	Üretilen tok PLA Kavela	13
Şekil 7.	Üretilen tok PLA Kavela	14
Şekil 8.	Reçineden 3D baskıyla üretilmiş mobilya birleştirme yeri kavelaları	20
Şekil 9.	Birleşme yerlerine ait sarıçam örnekleri.....	22
Şekil 10.	Tasarlanan kavelaların a) önden, b) yandan görselleri.....	23
Şekil 11.	a) PA kavelalar, b) PLA kavelalar, c) Tok resin kavelalar, Tok PLA kavelalar	25
Şekil 12.	İşkence ile yapışmaya tabi tutulmuş kavelalı birleşme yerleri.....	26
Şekil 13.	Zwick Universal test cihazı: a) yan, b) ön, c) çapraz görüntüler.....	27
Şekil 14.	PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli kavelalı birleştirmeler.....	30
Şekil 15.	PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri	31
Şekil 16.	a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli tok PLA kavelalı birleştirmeler.....	33
Şekil 17.	Tok PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.....	34
Şekil 18.	a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli PA kavelalı birleştirmeler.....	36
Şekil 19.	PA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.....	37
Şekil 20.	a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli Tok Reçine kavelalı birleştirmeler	39
Şekil 21.	Tok reçineden üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.....	40
Şekil 22.	Masif kaveladan üretilmiş düz yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.....	42
Şekil 23.	Plastik kavelalardan üretilmiş düz yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.....	43

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Kavela üretim parametreleri	24
Tablo 2.	PLA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	29
Tablo 3.	Tok PLA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	32
Tablo 4.	PA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	35
Tablo 5.	Tok reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	38
Tablo 6.	Masif kavelalı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	41
Tablo 7.	Plastik kavelalı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri	42
Tablo 8.	PLA, tok PLA, PA ve tok reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	44
Tablo 9.	PLA, tok PLA, PA ve tok reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri.....	44

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3D	: Üç Boyutlu
ABS	: Akrilonitril Butadin Stiren
CAD	: (Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım)
COV	: Coefficient of Variance (Varyans Sabiti)
dak	: Dakika
DLP	: Digital Light Processing (Dijital Işık Süreci)
FFF	: Fused Filament Fabrication (Erimiş Filament Üretimi)
mm	: Mili metre
nm	: Nano metre
OSB	: Oriented Strand Board (Yönlendirilmiş Yonga Levha)
PA	: Poli Amid
PEEK	: Polieter Eter Keton
PEI	: Polieter İmit
PLA	: Poli Laktik Asit
PVA	: Poli Vinil Asetat
SLA	: Steryo Lito Grafi
sn	: Saniye
St	: Standart
STL	: Standard Triangle Language
TPU	: Termoplastik Poliüretan
PTEG	: Poli Etilen Terafitalet Glikol

1. GİRİŞ

Mobilya sektöründe uzun yıllardır temel üretim malzemesi olarak masif ağaç ve ahşap esaslı levhalar kullanılmaktadır. Masif ahşaba alternatif olarak lignoselülozik malzemelerden üretilen levhalar, hem ekonomik hem de teknik avantajları sayesinde mobilya üretiminde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Kasal, 2004).

Mobilya üretiminde genel olarak üç temel konstrüksiyon tipi tercih edilmektedir: kutu, çerçeve ve kombine konstrüksiyonlar. Tablayla oluşturulan mobilyalar kutu tipi, masif çerçeve kullanılanlar çerçeve tipi ve her iki yapı elemanını içeren modeller ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak adlandırılmaktadır (Efe, 1994).

Mobilya birimleri, farklı kullanım senaryolarına bağlı olarak değişken yükler altında kalabilmektedir. Bu yükler bazı durumlarda hafif olurken, zaman zaman oldukça ağır seviyelere ulaşabilir (İmirzi, 2008). Bu nedenle, taşıyıcı sistemlerin tasarım yüklerini güvenle taşıması ve kullanım sırasında herhangi bir yapısal kusur oluşmaması temel tasarım kriterleri arasında yer almaktadır. Kutu mobilyalarda bağlantı noktalarına uygulanan yüklerin etkisiyle mukavemet analizleri yapılması ve çeşitli test yöntemlerinin uygulanması önem arz etmektedir (Efe, 1994; Eckelman, 1991).

Kutu mobilya bağlantılarında en yaygın tekniklerden biri kavelalı birleştirmedir. Kavela en az iki veya daha fazla mobilya bileşeninin bir araya tutkal veya daha farklı bir bağlayıcı gereçle bir araya getiren silindirik masif veya plastik aparatlardır (Efe, 1994). Masif kavelalar yıllardır kullanılagelen bağlantı gereçleri olagelmışken, plastik kavelalar ise hem rehberlik sağlamak hem de ana birleştirme elemanı olarak farklı birleştirme tekniklerinde kullanılmaktadır.

Son yıllarda, yüksek hızlı döner kavela kaynağı, ahşap birleştirme teknolojilerinde dikkat çeken yeniliklerden biri olmuştur. Bu teknik, herhangi bir yapıştırıcı kullanmadan yüksek dayanımlı ahşap bağlantı noktaları oluşturma avantajı sunmaktadır. Bu işlem, ahşap malzemenin amorf hücrelerinin sıcaklık etkisiyle yumuşayıp akmasıyla etkili hale gelmektedir.

Yapısal başarısızlıklar genellikle en zayıf nokta olan bağlantı yerlerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kavelaların hem kesme yüklerini iletecek kadar sağlam hem de birleşim yerlerindeki kaymaları önleyebilecek dayanıklılığa sahip olması

gerekmektedir. Kavela bağlantılarının sertlik ve dayanım özelliklerinin tasarımı, yapının genel stabilitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Ahşap türü, kavela ile alıcı delik arasındaki çap uyumu ve yerleştirme süresi, bağlantının mukavemetini etkileyen başlıca faktörlerdir. Mobilya ve iç doğrama sektörleri günümüzde hâlâ ahşap kavelaları yoğun olarak tercih etmektedir (URL-1; URL-2).

Günümüzde üç boyutlu yazıcılar (3D yazıcılar), çeşitli sektörlerde hızla gelişen ve yaygınlaşan bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ve kullanım alanlarının genişlemesiyle birlikte bu yazıcılar, tasarım ve üretim süreçlerinde yeni olanaklar sunmaktadır (Aydın vd., 2018).

Geleneksel yöntemlerle üretilen bağlantı elemanları genellikle yüksek maliyetli ve zaman açısından verimsizdir. Üç boyutlu yazıcılar sayesinde bu parçaların tasarımı ve üretimi optimize edilebilmekte; doluluk oranları düşürülerek üretim maliyetleri azalmakta ve daha kısa sürede parça üretimi mümkün hale gelmektedir. Bu özellikleri sayesinde üç boyutlu yazıcılar tasarımcılara, üreticilere ve tüketicilere önemli avantajlar sağlamaktadır (Hacıoğlu vd., 2016; Yıldırım vd., 2019).

Mobilya bağlantı teknikleri geleneksel olarak vida, çivi ve benzeri mekanik elemanlara dayanmaktadır. Ancak bu yöntemler zaman alıcı olabilmekte, ayrıca görsel açıdan olumsuz sonuçlara veya bağlantı zayıflıklarına yol açabilmektedir. Son yıllarda ise mobilya üretimi dahil birçok endüstride üç boyutlu baskı teknolojisinin kullanımında önemli bir artış gözlemlenmiştir.

Bu çalışma, mobilya bağlantılarında yenilikçi bir yöntem olarak üç boyutlu baskı ile üretilen bağlantı elemanlarının potansiyel kullanımını incelemiştir. Farklı geometri ve yüzey özelliklerine sahip, çeşitli malzemelerle (PLA, PA, vb.) üretilen üç boyutlu kavela tasarımlarının bağlantı performansına etkileri araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında PLA, tok PLA, PA, tok reçine (rezin) malzemelerinden üç boyutlu eklemeli üretim yöntemiyle ve farklı yüzey geometrelerinde üretilmiş kavelaların PVA tutkalı dâhil edilerek masif sarıçam malzemesinden üretilmiş L-tipi bağlantılar üzerinde eğilme ve yüzeye dik çekme direnci performanslarının araştırılmıştır. Bu mekanik testlerin amacı, kullanılan malzeme türü ve kavela geometrisinin bağlantının mukavemetine etkisini belirleyerek en uygun kavela tasarımını ortaya koymaktır. Sonuçlar, mobilya üretiminde üç boyutlu yazıcıların etkin kullanımının mümkün olduğunu ve bağlantı elemanlarının optimizasyonu açısından önemli avantajlar sunduğunu göstermiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Deneylerde mobilya sektöründe yaygın olarak tercih edilen sarı çam ağacından elde edilen keresteler kullanılmıştır. Malzeme seçiminde, kerestenin kusursuz olmasına dikkat edilmiş; budaksız, böcek ve mantar zararı görmemiş, düzgün lif yapısına sahip örnekler tercih edilmiştir.

2.1.2. Mobilya

Mobilya terimi, Latince’de "taşınabilir eşya" anlamına gelen mobilis kelimesinden türemiştir (Arıburun, 2012). Mobilya, yaşam alanlarını düzenleyen, estetik ve fonksiyonel amaçlarla kullanılan eşyalardır. Tarih boyunca ahşap, mobilya üretiminde en çok tercih edilen malzeme olmuştur. Masa, sandalye, dolap, koltuk, karyola ve kitaplık gibi konut ve büro eşyalarının yanı sıra okul sıraları ve masaları da çoğunlukla ahşaptan yapılmıştır. Günümüzde ise alüminyum, pirinç, çelik gibi metallerin yanı sıra cam ve plastik gibi özgün alternatif materyaller de mobilya tasarımlarında yer almaya başlamış olsa da ahşap, popülerliğini korumaya devam etmektedir (URL-3).

- **Mobilyanın Tarihçesi**

Mobilyanın tam olarak nerede ve ne zaman ortaya çıktığı bilinmemekle birlikte, insanların mağara yaşamına başladığı Paleolitik Çağ’da (Yontma Taş Devri) taş, kemik veya ahşap malzemelerin yontularak basit eşyalara dönüştürüldüğü düşünülmektedir. Ahşap mobilyaların ömrünün kısa olması nedeniyle günümüze ulaşabilmiş örnekler sınırlıdır. Ancak Antik Mısır’da piramitlerdeki firavun mezarlarına gelecek hayatta yanlarında bulunsun inancıyla konulan eşyalar (Eryiğit Bader, 2020) özellikle mobilyalar bugün hala canlı olarak var olmaktadır.

Ayrıca eski firavun mobilyalarının yanında anadolu uygarlıklarından mobilyalar vardır. Taş ve topraktan ibaret olmak üzere insanlığın ilk mobilyalarının ise Konya

Ovası'nda yer alan Çatalhöyük'te bulunduğu tespit edilmiştir. Atmışlı yıllarda bir Avrupalı arkeolog tarafından keşfedilen Çatalhöyük, yapılan kazılar sonucunda Neolitik döneme ait en eski yerleşim alanlarından biri olarak kabul edilmiştir (Ağcabey ve Düzenli, 2001). Burada topraktan yapıp sıvanarak oturma ve yatma amaçlı kullanılan mobilyalar ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca Ana Tanrıça heykelinin bir koltuk üzerinde oturur şekilde bulunması, o dönemde mobilyaların dini sembollerle ilişkilendirildiğini düşündürmektedir.

- Mobilyanın İnsan Hayatındaki Yeri

İnsanoğlu vaktini farklı ortamlarda geçirmektedir ve bu ortamlar kullanıcının ihtiyaçlarına hitap edecek şekilde düzenlenmelidir (Çay ve Eldeniz Çetin, 2024). Yapısal bileşenler olan duvar, kapı ve pencerelerin yanı sıra mekândaki donatı ve aksesuarlar, mekânın işlevselliği ve estetik görünümü üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Üst, 2015).

Konut iç mekânları, genellikle belirli faaliyetlere uygun şekilde bölünerek düzenlenir. Örneğin, yemek odaları yalnızca yemek yeme işlevine uygun mobilyalarla döşenirken, dinlenme alanlarında rahat oturma ve uzanma imkânı sunan tasarımlar tercih edilir. Bu tür alanlarda omurgaya binen yüklerin hafifletilmesi, oturma düzleminin ergonomik bir yükseklikte olması ve oturma yüzeyinin kan dolaşımını engellemeyecek yumuşaklıkta olması önemlidir. Geçmişte bağdaş kurularak oturulan sedirlerden günümüzdeki konforlu kanepelere kadar uzanan bu tasarım süreci, kullanıcı konforunu artırmayı hedefleyen mobilya evriminin önemli bir parçasıdır (Arıburun, 2012).

- Mobilyaların Sınıflandırılması

Mobilyalar daha önceki derleme ve çalışmalarda farklı başlıklar altında kategorize edilmiştir. Bunlardan bir kategori dokunuşa verdikleri hisse göre mobilyalar sert ve yumuşak olarak iyi sınıfa tabi tutulmuştur. yumuşak mobilyaların mobilya döşeme malzemeleri olan sünger kumaşı içine alan kısım iken set olan mobilyalar ahşap, metal veya plastik kısımlar olarak ifade edilebilmiştir (Dülgeroğlu, 2011).

Mobilya farklı ülke standartlarına göre de kategorize edilmiştir. Bu standartlar Türk standartları ve Alman Standartları olarak kategorize edilebilir. Mobilyayı Türk standartlarına göre ele almak gerekirse şu başlıklar altında değerlendirilebilir:

1. Görevlerine Göre Mobilyalar

- Kutu Mobilyalar
- Aksesuar Mobilyası
- Yatma Mobilyası
- Oturma Mobilyası

2. Kullanım Durumlarına Göre Mobilyalar

- Tek Mobilya
- Grup Mobilyası
- Sabit Mobilya
- Hareketli (Portatif) Mobilya

3. Yapılarına Göre Mobilyalar

- Şifonyer
- Komodin
- Dolap
- Masa
- Vitrin
- Büfe
- Sandık
- Vestiyer
- Dresuar

4. Kullanım Amaçlarına Göre Mobilyalar

Bu mobilyalar yatak, yemek, çocuk, oturma ve çalışma odaları şeklinde kateagorize edilebilir.

5. Stillerine Göre Moilyalar

- Kountri Mobilya
- Avangard Mobilya
- Art Deko
- Antika

6. Malzemesine Göre Mobilyalar

- Masif Mobilya
- Kombin Mobilya

7. Üst Yüzey İşlemlerine göre

- Doğal Görünümlü Olan Mobilyalar
- Doğal Rengi Değişen Mobilyalar
- Mat Mobilyalar
- Parlak Mobilyalar
- Polyester Yüzeyli Mobilyalar

– Lake Mobilyalar

2.1.3. Mobilya Birleştirme Yöntemleri

- Kenar (Yan Yana) Birleştirmeler

Kenar Birleşme yöntemleri, ağaç malzemelerden geniş yüzeyler oluşturmak için tercih edilir. Bu teknikle üretilen tablalar sıcak ve kuru ortam koşullarına maruz kaldığında şekil değişiklikleri gösterebilir. Bu nedenle, parçalar birleştirilirken yıllık halkaların konumlarına dikkat edilmesi önemlidir.

Birleşme sırasında yüzey desenleri ve renklerin uyumuna özen gösterilmelidir. Kavelalı birleştirme yapılacaksa delikler parçanın kalınlığının tam merkezine denk gelecek şekilde açılmalı ve yaklaşık 10 mm çapında olmalıdır. Diğer yöntemlerde ise parça kalınlığı genellikle üç eşit bölüme ayrılarak işlem yapılır. (URL-4)

Kenar Birleştirme Türleri:

Düz Birleştirme

Lamba-Zıvanalı Birleştirme

Kavelalı Birleştirme

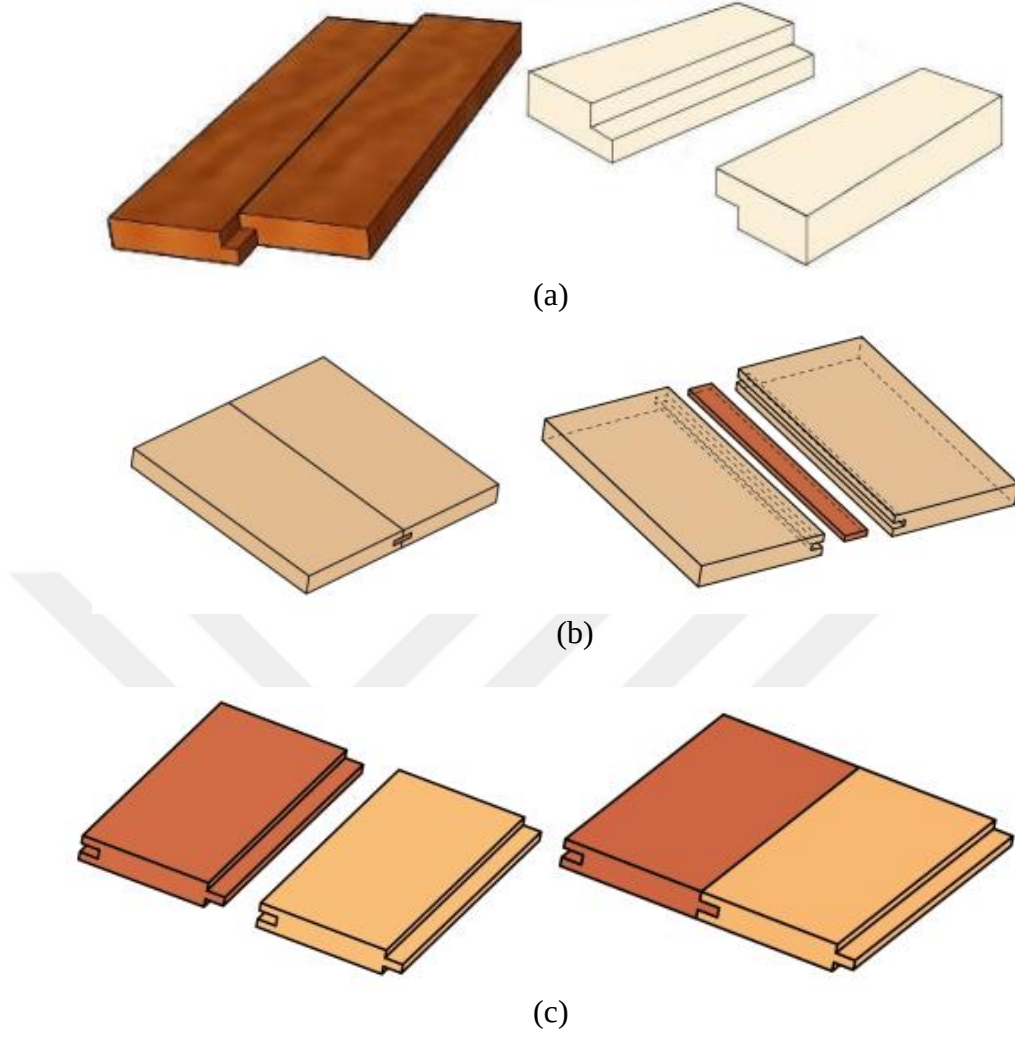
Kendinden Çıtalı Birleştirme

Yabancı Çıtalı Birleştirme

Kırlangıç Kuyruğu Kertmeli Birleştirme

Makine Bıçaklarıyla Oluşturulan Birleştirme

Şekil 1. Lambalı, kavelalı ve kendinden çıtalı birleşme yerlerinin resimlerini göstermektedir.



Şekil 1. a) Lambalı, b) kavelalı, c) kendinden çıtalı en birleştirmeleri (MEB, 2011)

- Çerçeve Köşe Birleştirmeleri

Bu tür birleştirmeler çok çeşitli mobilyanın üretiminde yaygın olarak kullanılır. Çerçeveli mobilya kapakları da bu tür birleştirmelerle üretilmektedir. En kullanışlı ve estetik açıdan hoş olan yöntemlerden biri, gönye burun şeklinde yapılan birleştirmelerdir. Çerçeve köşe birleştirmelerinde, parçanın baş kısmı üç eşit bölüme ayrılarak markalanır. (URL-4)

- Zıvanalı birleştirme
- Lambalı zıvanalı birleştirme
- Kınışlı birleştirme
- Hampaylı birleştirme

Gönyeburun düz, açık veya gizli zıvanalı, yabancı çıtalı, kavelalı birleştirme (URL-4).

- Ayak Eleman Birleştirmeleri

Bu birleştirme türü, genellikle mobilya ayakları, masa, sandalye ve koltuk iskeletlerinin yapımında kullanılır (URL-4).

- Düz arka eleman birleştirme
- Hampay-zıvana arka eleman birleştirme
- Kertme-zıvana ayak eleman birleştirme
- Kavela ayak eleman birleştirme
- Kırılmaç kuyruğu ayak kayıt birleştirme (URL-4).

2.1.4. Metal Bağlantı Elemanları

Bağlantı elemanları, sanayide kullanılan parça ve ürünlerin bir araya getirilmesinde kullanılan malzemelerdir. Bu elemanlar sadece sanayi ürünlerinde değil, aynı zamanda günlük yaşamda kullanılan eşyaların montajında da önemli bir rol oynar. Vida, somun, kavela, gibi çok sayıda bağlantı elemanı, inşaat, otomotiv ve mobilya sektörlerinde imalatın farklı aşamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. (URL-5)

- Metal Bağlantı Eleman Türleri

Metal bağlantı elemanları kullanım alanlarına ve işlevlerine göre farklılaşırlar. Bu elemanlar, çözülebilen ve sabit bağlantı elemanları olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Sabit elemanlar, montaj sonrası sökülmesi mümkün olmayan kaynak, lehim, yapıştırma ve perçin gibi malzemelerdir. Çözülebilen elemanlar ise, montaj sonrası sökülmesi mümkün olan cıvata, pim, vida ve gijon gibi parçalar olup, çeşitli uygulamalarda kullanılır. Bağlantı elemanlarının dayanıklılıkları, kullanım alanlarına ve maliyetlerine göre değişir. Hangi elemanın kullanılacağı, ihtiyaca ve amaca göre seçilmektedir. (URL-5)

Bağlantı elemanı çeşitleri Şekil 2’de görülmektedir



Şekil 2. Metal bağlantı elemanı çeşitleri (URL-5)

Şekil 2’de görüldüğü gibi bu elemanlar civata, somun, kavela ve diğer metal aparatlardan oluşmaktadır. Bu çalışmada mobilya birleştirme elemanlarından kavela üzerinde durulmuştur.

2.1.5. Kavela

Kavela, mobilya elemanlarını tutkal veya diğer bağlantı malzemeleri ile birleştirmek amacıyla kullanılan silindirik çubuklardır ve geleneksel olarak genellikle ahşap malzemeden üretilir. Ancak, ahşap, metal ve plastik gibi farklı malzemelerden de üretilebilir. Kavelaların yüzey yapısı, mekanik özelliklerini artırmak amacıyla konik, oluklu, yivli gibi farklı şekillerde tasarlanabilir. Genelde emperyal veya metrik ölçü sistemlerine göre üretilir (URL-6).

Çerçeve veya kutu tipindeki mobilya elemanlarının birleştirilmesinde kavelalı birleştirme en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu teknik, hem seri üretim hem de atölye tipi üretimde oldukça verimli ve tercih edilen bir yöntemdir. Düşük maliyetli olması ve sadece basit delme işlemleri ile uygulanabilmesi bu tekniği cazip kılmaktadır. Kavelalı birleştirmenin sağlamlığı, kavelaların boyutları (çap, uzunluk), gövde şekilleri, birim

uzunluktaki sayıları ve kavela deliklerinin doğru şekilde açılmasına bağlı olarak etkilenir. Ayrıca, yeterli yapışmanın sağlanması da önemli bir faktördür (URL-7).

- Kavela Üretim Süreci

Kavela üretiminin geleneksel yöntemi, kavela plakası kullanarak yapılan işlemdir. Bu plaka, istenilen kavela boyutuna sahip bir delik içerir ve genellikle sertleştirilmiş çelikten yapılır. Bir kavela üretmek için, bir tahta parçası belirli bir boyutta kesilir ve kavela plakasındaki delikten geçirilir. Bu işlem sırasında, deliğin kenarları fazla ahşabı keserek şekil verir.

Alternatif bir yöntem, büyük boyutlu bir ahşap stoğunun sabit bir bıçak etrafında döndürülmesi veya bıçağın stoğun etrafında döndürülmesidir. 19. yüzyılda geliştirilen bu makineler, genellikle küçük aletler olup tezgâha monte edilirler. Endüstriyel üretim için, ahşap kavelalar genellikle döner kesicilerle üretilir ve farklı çaplarda kesme kafaları ile üretim yapılabilir. Bu makineler, sınırsız uzunlukta kavela çubukları üretmek için malzeme kılavuzlarıyla donatılmıştır (URL-8).

- Kavela Türleri

- Metal Kavelalar İçin Kullanılan Malzemeler

- Alüminyum: Hafif, sünek, iletken ve oksidasyona karşı son derece dirençli bir malzemedir.
- Pirinç: Dayanıklı, sünek, iletken ve korozyona karşı dirençli olup düşük manyetik geçirgenlik gösterir.
- Paslanmaz Çelik: Yüksek basınç dayanımına sahip olup, kimyasallara ve korozyona karşı dayanıklıdır.
- Sertleştirilmiş ve Taşlanmış Çelik: Son derece sert ancak kırılgan olan bu malzeme, sertleştirilmiş bir çelik üretmek için özel işlemlerden geçer. Sertleştirilmemiş çelik ise daha dövülebilir olup birçok uygulama için uygundur.
- Titanyum: Mükemmel sıcaklık ve korozyon direncine sahip güçlü bir malzemedir. Çelikten %44 daha hafiftir. (URL-9) Metal kavelaların görüntüsü Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Metal Kavela (URL-9)

- Plastik Kavelalar İçin Kullanılan Malzemeler

Plastik kavelalar, genellikle plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilir. Bu üretim tekniği, plastiğin sıvı hale getirilip kalıplara dökülmesiyle şekil almasını sağlar. (URL-9) Şekil 4’te plastik kavelaların gösterilmektedir. Bu kavelalar çoğunlukla PA’dan üretilmektedir.



Şekil 4. Piyasada sıkça kullanılan plastik (PA) kavela

- Ahşap Kavelalar İçin Kullanılan Malzemeler

Ahşap kavelalar, çoğunlukla huş veya akçaağaç gibi sert ağaç türlerinden yapılmaktadır (URL-9). Ahşap kavelaların görseli Şekil 5’te sunulmuştur.



Şekil 5. Ahşap (Masif) Kavela

- Kavelanın Uygulanması

Kavelalar, kör deliklere yerleştirildiğinde, genellikle kavela esaslı doğramalarda, kavela üzerine baskı yapıldığında hava ve fazla tutkalın dışarı çıkabilmesi için bir yol sağlanmalıdır. Eğer bu basınçları azaltacak bir önlem alınmazsa, kavela yuvasına çekiçle vurulması veya bağlantının sıkıştırılması, ahşabın kırılmasına yol açabilir. Bu sorunu çözmek için eski bir yöntem, kavelanın yan yüzeyine bir daire açmaktır. Bazı kaynaklar, yuvarlak kavelaların son şekillendirilmesinden önce bu dairenin kaba stok üzerinde planyalanmasını önerir. Ayrıca, bazı kavela plakaları, kavelanın yerleştiği sırada, yan tarafına bir oluk açarak bu sorunu çözebilir. Bu oluk, bir vida ile yapılır ve bu vida, kenardan kavela kesme açıklığına girecek şekilde sivri uçlu bir yapıya sahiptir.

Eğer kör deliklere gömülü kavelalarla iki ahşap parçası birleştirilecekse, delikleri hizalamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Örneğin, parçalar birbirine kenetlendiğinde, ahşap parçalar arasına bilye parçaları yerleştirilip, kelepçeler serbest bırakıldığında, bilyeler girintiler oluşturarak delme için merkez noktalarını gösterebilir (URL-8).

2.1.6. Kavela Yapımında Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada üretilen kavelalarda; Polilaktik Asit (PLA), Tok PLA, PA ve Tok Reçine (Akrilik Foto Polimer) malzemeleri kullanılmıştır.

2.1.7. PLA

Polilaktik asit (PLA), laktik asidin bir polimerleşmiş şeklidir ve alifatik polyesterler grubuna aittir. Bu malzeme, şeker kamışı ve mısır nişastasından elde edilen bitkisel kaynaklardan üretilir ve biyolojik olarak parçalanabilir, kompostlanabilir özelliği ile dikkat çeker. PLA'nın üretimi, karbonhidratların fermentasyonu veya kimyasal sentez yoluyla yapılabilir. Bugün, laktik asitlerin fermentasyon yoluyla üretimi yaygındır. PLA, halkalı açılma polimerizasyonu yöntemiyle üretilir ve bu yöntemle yüksek moleküler ağırlıklı PLA polimeri elde edilir (Duran ve Yılmaz, 2019).

PLA, organik malzemelerden üretildiği için insan sağlığına zarar vermez. PLA filamentinin tüketilmesi durumunda da insan sağlığını olumsuz etkilemez. Ayrıca, PLA filamentinin üretim sürecinde ortaya çıkan tatlımsı koku, herhangi bir sağlık riski oluşturmaz. Ancak, uzun süreli yazdırma işlemleri (yaklaşık 18-20 saat) yapıldığında, ortamın havalandırılması önerilmektedir (URL-10). Şekil 6'da PLA'dan üretilmiş düz, yivli ve spiral desenli kavelalar görülmektedir.



Şekil 6. Üretilen PLA Kavela

- PLA'nın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

PLA polimerleri, camısı geçiş sıcaklığı 60°C civarında, erime sıcaklığı 130 ila 180 °C arasında değişim gösterir. PLA, 110 °C'ye kadar ısıya dayanabilir. Genel itibariyle mekanik özellikleri polistiren ve PET arasında geçiş özelliğindedir. PLA'nın burkulma modülü polistirenden daha fazladır ve en önemli özelliği ısı ile yapışma özellikleri oldukça iyidir. PLA, 3D yazıcılarla çokça kullanılmaktadır, çünkü düşük sıcaklıklarda eriyip hızla soğur, bu da 3D baskı süreçleri için idealdir (URL-11).

- PLA'nın Uygulamaları

PLA, masaüstü 3D yazıcılarında yaygın olarak kullanılan bir hammadde malzemesidir. PLA ile basılmış nesneler, alçı gibi kalıplama malzemeleriyle kaplanabilir ve ardından bir fırında ısıtılır. Bu işlem, erimiş metalin oluşan boşluğu doldurmasını sağlar ve bu süreç kayıp PLA dökümü şeklinde ifade edilir. Bu malzeme insan bedeni içinde zamanla zararsız laktik asite dönüşmesi nedeniyle tıbbi implantlarda; vidalar, plakalar, ankrajlar, çubuklar ve ağlar gibi çeşitli ürünlerde kullanılır. Ayrıca, PLA enjeksiyonla kalıplama veya dökümle malzeme imalatında da kullanılır. Bu malzemeyle üretilen kaplar ve torbalar, poşet, ambalaj ve yemek servis kapları olarak ta kullanılmaktadır. PLA kumaş olarak ta kullanımı oldukça yaygın olup; temizlik malzemesi ya da ve çocuk bezi olarak ta kullanılmaktadır. Çevre dostu biyo-bozunur olan PLA ilaç dağıtımı sektöründe fazlasıyla ilgi görmektedir (URL-11).

2.1.8. Tok PLA

Tok PLA, PLA polimerinin mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla modifiye edilmiş bir versiyonudur. Bu tür PLA, kırılabilirlik yerine daha yüksek dayanıklılık ve esneklik sunar. Tok PLA'nın üretiminde kullanılan katkı maddeleri, PLA'nın daha iyi ısı dayanımı, daha güçlü mekanik özellikler ve genel anlamda daha iyi performans göstermesini sağlar. Bu tür PLA, 3D yazıcılarda, özellikle esnek ve dayanıklı parçalara ihtiyaç duyulan uygulamalarda tercih edilir (URL-12). Şekil 7'de tok PLA'dan üretilmiş düz, yivli ve spiral desenli kavelalar görülmektedir.



Şekil 7. Üretilen tok PLA Kavela

- Tok PLA'nın Kimyasal Yapısı

Tok PLA, polilaktik asidin (PLA) mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılan bir modifikasyondur. PLA, laktik asit monomerlerinin polimerizasyonu ile elde edilen biyolojik olarak parçalanabilir bir termoplastiktir. Ancak, saf PLA'nın darbe dayanımı ve esnekliği sınırlıdır. Bu nedenle, tok PLA üretiminde, PLA'nın kimyasal yapısına esneklik ve darbe direnci sağlayan katkı maddeleri eklenir.

Bu katkı maddeleri, PLA'nın amorf yapısını artırarak malzemenin esnekliğini ve darbe dayanımını geliştirir. Sonuç olarak, tok PLA, daha dayanıklı ve esnek bir malzeme haline gelir. Bu özellikleri sayesinde, tok PLA, 3D baskı, ambalaj ve tıbbi implantlar gibi çeşitli uygulamalarda tercih edilir. (URL-13)

- PLA Kullanmanın Avantajları

Polilaktik Asit (PLA), biyolojik olarak parçalanabilir ve çevre dostu bir termoplastik polimer olup, 3D baskı ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. PLA'nın mekanik ve fiziksel özellikleri, kullanılan malzemeye ve üretim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

PLA'nın Avantajları:

- Kolay Baskı ve İşlenebilirlik: PLA, düşük baskı sıcaklıkları ve iyi yapışma özellikleri sayesinde 3D baskı süreçlerinde tercih edilir. Ayrıca, zımpara ve boyama işlemleriyle kolayca işlenebilir.
- Çevre Dostu: Biyolojik kaynaklardan üretilen PLA, biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir, bu da çevre üzerindeki etkisini azaltır.
- Düşük Toksisite: PLA, üretim ve kullanım sırasında toksik olmayan özellikler gösterir, bu da sağlık ve güvenlik açısından avantaj sağlar. (URL-14)

- PA Kullanmanın Avantajları

Polyamid (PA), mühendislik plastikleri arasında yer alan ve yüksek mukavemet, esneklik ve kimyasal direnç gibi üstün özellikleriyle bilinen bir malzemedir. PA'nın en belirgin avantajları şunlardır:

Yüksek Dayanıklılık ve Aşınma Direnci: PA, yüksek darbe dayanımı ve aşınma direnci sayesinde otomotiv ve havacılık endüstrilerinde tercih edilir.

Esneklik ve Uzama Özellikleri: Yüksek esneklik ve uzama kapasitesi, PA'nın giyim ve spor malzemelerinde kullanılmasını sağlar.

Kimyasal Dayanıklılık: Asitler, bazlar ve çözücülere karşı gösterdiği direnç, PA'yı kimyasal ekipmanların üretiminde ideal bir malzeme yapar (URL-15).

İyi Elektriksel Yalıtım Özellikleri: Elektrik ve elektronik endüstrisinde, PA'nın elektriksel yalıtım özellikleri nedeniyle yalıtım ve ısı direncinin önemli olduğu konektörler, anahtarlar ve muhafazalarda kullanılır (URL-16).

Bu özellikleri sayesinde PA, otomotiv parçaları, elektronik bileşenler, spor ekipmanları ve tekstil ürünleri gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

- Tok Reçine (Rezin) Kullanmanın Avantajları

Tok reçineler, özellikle 3D baskı ve prototipleme alanında tercih edilen malzemelerdir. Bu reçineler, yüksek darbe direnci ve esneklikleri sayesinde, kırılma veya çatlama riskini azaltarak dayanıklı parçaların üretilmesini sağlar. Ayrıca, deformasyona uğradıklarında orijinal şekillerine dönme yetenekleri, uzun ömürlü ve güvenilir ürünlerin elde edilmesine olanak tanır.

Tok reçinelerin bir diğer avantajı, yüksek çözünürlükte baskı yapabilme kapasiteleridir. Bu özellik, detaylı ve hassas parçaların üretimini mümkün kılarak, karmaşık tasarımların gerçeğe dönüştürülmesini sağlar. Ayrıca, bu reçineler genellikle UV ışınlarına karşı dirençli olup, dış mekan uygulamalarında renk solması ve bozulma riskini azaltır.

Son olarak, tok reçineler çevre dostu seçenekler olarak öne çıkar. Biyolojik olarak parçalanabilir olmaları, çevreye olan etkilerini minimize eder ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkı sağlar (URL-17).

2.2. Yöntem

2.2.1. Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar

Günümüz teknolojisinde 3 boyutlu Yazıcı olarak da bilinen 3 boyutlu yazıcı, bilgisayar destekli programlar kullanılarak elde edilen dijital modeller kullanılıp, baskı esnasında plastik, metal vb. malzemelerin eritilmesiyle 3 boyutlu nesne meydana getiren bir yazıcı türüdür (Sönmez vd. 2018). Üç boyutlu yazıcılarla tasarlanarak üretilen ürünler polimer ve reçine türü malzemeler kullanılarak üretilir. Bu yazıcılar dizayn edilen nesneleri üretirken nesnelere ısı ve kimyasal işleme tabi tutar. Bu süreç nesneleri sanal bir tasarımdan üç boyutlu katı bir cisme dönüşmesine olanak sağlar. Üç boyutlu yazıcıların birçok türü olup bunlardan en çok tercih edileni 3 boyutlu yazıcı türü olan FFF (Fused Deposition Modeling) tipidir (URL-13).

- 3D Yazıcıların Tarihi

Üç boyutlu yazıcılarla üretimin başlangıcı 70'li yılların ikinci yarısı olarak bilinse de ilk kez katı madde döküm işlemi 1982 yılında Hideo KODAMA tarafından gerçekleştirilmiştir (Sönmez vd. 2018). Charless Hull 1984 yılında 3 boyutlu üretim gerçekleştirmiştir. 1986 senesinde 3 boyutlu yazıcı şirketi kurularak yeni bir iş sahası ortaya çıkmıştır. 1990'lı senelerde 3 Boyutlu eklemeli imalat teknolojisi hızla gelişmiş ve Amerika Birleşik Devletlerinde ilk renkli döküm işlemi gerçekleşmiştir. 2005 ve 2007 senelerinde, kendi parçalarını bile üretebilen yazıcıları piyasaya süren RepRap projesi ile 3D yazıcılar kişisel kullanımlara açık hale gelmiştir. Bu çağımızda çığır açması an meselesi olan bu üretim teknolojisi ile hem üretim maliyetleri azalmak hem de üretilmesi zor ürünlerin üretimini kolaylaştırmak amaçlanmıştır (URL-18).

- 3D Yazıcıların Çalışma Prensibi

Üç boyutlu yazıcının çalışma prensibi, PLA gibi polimerleri katmanlaşma teknolojisi ile eritilerek herhangi bir üç boyutlu tasarımın direkt olarak üretilmesi temeline dayanır. Bu aşamaları daha iyi anlamak için bu süreci iki ana süreç olarak değerlendirmek mümkün olacaktır. Bunlardan ilki Modelleme olup bu kısımda üretilecek parçanın üç boyutlu modellemesi bir CAD (Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım) programında gerçekleştirilir. Tasarlanan model STL formatına dönüştürülerek üç boyutlu üretimin ilk adımı tamamlanmış olur. Daha sonra ikinci aşama olan CAD programında model tasarlama üst üste katmanlar şeklinde yerleştirilerek oluşturulur (Sezer vd 2021). Bu katmanlaşma plastik eritme, lazer sinterleme, stereolitografi olmak üzere farklı metotlarla gerçekleştirilir.

Üç boyutlu yazıcılar baskı işlemi için PLA gibi polimerler kullanılır. Yazıcı makinesinde baskı işlemine başlamak için makinenin filamenti akıtma ucu olan nozul in 260 °C gibi belirli bir sıcaklığa ulaşması gerekmektedir. Böylece 3D baskı işlemi eriyen filamentin tabaka tabaka üst üste olacak şekilde form almasına olanak sağlar. Tabi bu katmanlaşmanın düzgün bir şekilde gerçekleşmesinin bir diğer sırrı ise filamentin yüksek sıcaklıklarda erimesiyle mümkün olmaktadır. Gezici kafa belirli alanda eklemeli imalatını yaparak ürün tasarlanan formunu kazanır (URL-13).

- 3D Yazıcılar ile Yapılabilecekler

Teknolojik ilerleme 3D yazıcılarla bugün hemen her şeyi üretmeye imkân sağlamaktadır. Üretilen ürünler olarak diş prototipi, araba modeli, süs eşyaları ve dekorasyon malzemeleri örnek olarak verilebilir. Diğer bir ifadeyle istediğimiz tarzda ve

piyasa da ya da mağazalarda bulamadığımız bir ürünü 3 boyutlu eklemeli imalat yöntemiyle üretmemiz mümkün olmaktadır (URL-13). Keza bu yöntem genel imalat yöntemiyle imal edilemeyecek üretimlere olanak sağlamaktadır (Şahin ve Turan 2018). Dolayısıyla 3 boyutlu eklemeli imalat insan hayalinde olan ve bu zamana kadar üretimine imkân olmayan üretimlerin yeryüzünde vücut bulmasına olanak sağlayacak bir teknolojidir.

- 3D Yazıcıların Kullanım Alanları

Üç boyutlu teknoloji ile üretim FFF (Fused Filament Fabrication, Erimiş Filament Üretimi) ve DLP (Digital Light Processing, Dijital Işık Süreci) yöntemi ile kavela üretimi gerçekleştirilecektir. Üç boyutlu yazıcılar protez, insan vücudunun ve kemiklerinin onarılması, mobilya ve mimarlık alanlarında, fosillerin eksik kısımlarının onarılmasında, arkeoloji çalışmalarında antik eserlerin imitasyonunun üretilmesinde, asayiş işlerinde delillerin onarılmasında, diş tedavisinde çeşitli uygulamalar şeklinde kullanılır. (URL-19)

2.2.2. Kullanılan Yazıcılar

- FFF (Fused Filament Fabrication) 3D Teknolojisi

FFF plastik liflerin erimesiyle istenilen şekilde yığılmasının modellenmesi olarak ifade edilir (Dudek, 2013; Comb vd., 2005). FFF teknolojisi belli bir sıcaklığa erişmiş nozullar yardımıyla yatay eksen temel alarak üçüncü eksen üretimini gerçekleştirir. Bu nozul ya da baş kısmı ısı ile polimerleri eriterek şekil verme olayını gerçekleştirir. Üç boyutlu yazıcılarda en çok tercih edilen polimer yada filament PLA ve Akrlonitril Butadin Stiren (ABS)'dir (Şahin ve Turan 2018). Nozul ucundan sıkıştırılarak çıkan malzeme yüzeye istenilen sağlamlıkta tutunmayı sağlayarak yüzey tabakasına yapışır ve istenilen sayıda katmana ulaşarak üretimini tamamlar.

FFF teknolojisi ile üretilen parçaların kalitesine etki eden kriterlere değinmek gerekirse bu kriterler doluluk oranı, katman kalınlığı, nozul sıcaklığı, yazıcı hızı olarak belirtilebilir. Bu söz konusu kriterlerden olan ve parça mukavemetini büyük ölçüde etki altında bırakan doluluk oranının hacmin sabit kalarak artması malzeme yoğunluğunu artırması sonucu doğurmaktadır. Yoğunluk sabit hacimde ürün içindeki katı madde miktarının artmasıyla gerçekleşmektedir. Bu yoğunluk artışı aynı zamanda en önemli ve istenilen bir sonuç olan malzeme dayanımı veya mukavemetinin artmasına sebebiyet vermektedir (Evlen vd., 2020).

- FFF'in Çalışması

Birinci adım olarak üretilecek olan ürünün üç boyutlu katı modeli çizilir. Bu model STL ya da OBJ formatına getirilerek dışarı aktarıma hazır hale getirilir. Bu aşamadan sonra üretilecek ürünün kullanım alanına göre doğru üretim malzemesi tercihi yapılmalıdır. PLA yada PA gibi filament seçildikten sonra, söz konusu filament bir bobin şeklinde 3D makinesine yerleştirilir makine hedeflenen sıcaklığa getirilir. Uygun filmanet seçildikten ve makineye yüklendikten sonra uygun g-code 3D yazıcıya yüklenir. Seçilen G-code üç boyutlu yazıcıdaki baskı kafasının adımlarını yönlendirir. Yani filamentim kaç dereceye kadar çıkıp akması gerektiği bilgisinin komutunu verir. Ayrıca söz konusu G-code filmanetin ne kadar akıtılması gerektiğini hangi noktaya ne kadar katman aktarılması gerektiğini ve akıtma sıcaklıklarındaki değişiklikleri ayarlamak ve dengelemek gibi çeşitli kriterleri hazırlar. Bu g-code'lar cura gibi yazılımlar sayesinde oluşturulur. G-code oluşturma işleminden sonra 3D makinesi ürün üretim işlemine başlamaya hazır hale gelir (URL-20). Polimerlerle üretilecek malzemelerde en çok dayanım ve mukavemete bu metotla ulaşılır (Şahin ve Turan 2018).

- FFF'de Kullanılabilir Malzemeler

FFF metodunun sunduğu en önemli avantajlardan biri de tek makinede çoklu malzemelerin kullanımına imkân vermesidir. Bu metotta PLA ve ABS gibi filamentlerin yanında PA, TPU (Termoplastik Poliüretan), PETG (Poli Eetilen Terafitalet Glikol), PEEK (Polieter Eter Keton) ve PEI (Polieter İmit) gibi malzemelerde kullanılabilmektedir. (URL-20)

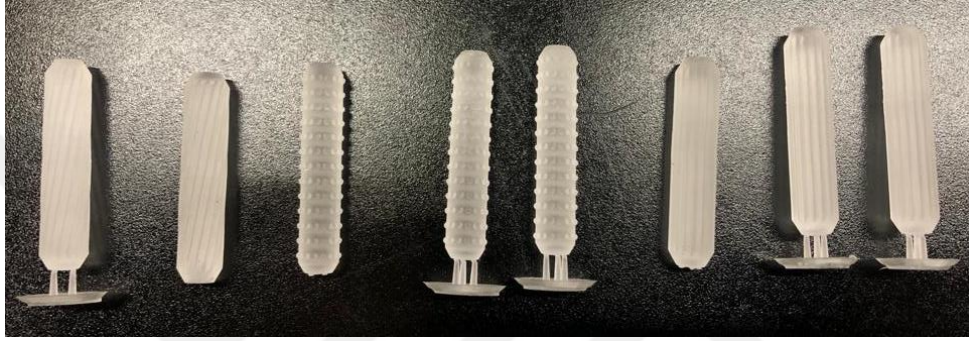
- FFF'in Avantajları

Polimerlerle üretilecek malzemelerde en çok dayanım ve mukavemete bu metotla ulaşılır (Şahin ve Turan 2018). Ayrıca bu metot üretim noktasında en ekonomik üretim yöntemidir yoludur. Süre kısalığının çok kritik ve avantaj olduğu 3 D yazıcı yönetiminde bu metotta üretim süreleri kısadır. Bu süre üretimin başladığı gün içerisinde işlemin tamamlanması veya yalnızca ertesi güne sarkması gibi kısa ve önemli bir süre avantajına sahiptir. Gerek prototip üretme ve gerekse işlevsellik açısından çok farklı sayıda malzeme seçimine imkan veren bir üretim metodudur (URL-20).

- Reçineli 3D Yazıcı

Bilinen ilk üç boyutlu reçineli yazıcı 80'li senelerde C. Hull tarafından bulunmuş ve kullanılmıştır. Bu tarz yazıcılarda kullanılan malzeme ışığa duyar fotopolimer reçine olarak bilinir. Bu tarz yazıcı makinelerinde ışık kaynağı bulunur ve bu kaynaktan gelen ışık

reçinenin ısıya olan duyarlılığına bağlı olarak reçinenin sertleşmesini sağlar ve ürün katmanlaşması bu şekilde oluşur. Bu üretim moleküler sevide olduğu için üretimdeki veya ürünlerdeki ince hatlar iyi kalitede basılabilir. Bu makinenin diğer 3 D yazıcılardan farklı reçine kürleşmesine olanak sağlayan ışık kaynağının bulunmasıdır. Ayrıca bu makinelerde kullanılan üretim yöntemleri, Stereo lito grafi (SLA), veya Dijital Işık Süreci (DLP) baskı yöntemleridir (URL-21). Şekil 8’de foto reçine yöntemiyle üretilmiş düz, spiral ve yivli kavelaların resmi gösterilmektedir.



Şekil 1. Reçineden 3D baskıyla üretilmiş mobilya birleştirme yeri kavelaları

- SLA (Stereolithography) 3D Yazıcı

Stereolitografi (SLA) metodu ışık kaynağı olarak lazer kullanması yönüyle en ilginç üç boyutlu üretim tekniklerinden biridir. Bu metotta ürün üretiminde kullanılan reçine lazerle vektörel olarak kürlenerek yüksek hassasiyette üç boyutlu polimerleşmiş yapı üretilmiş olur (Aktitiz vd. 2020). Lazerin ilk temas ettiği yerde reçine sertleşir ve lazer lazer bilgisayar kontrolünde bir ayna ile uygun konumlara aksettirilir. İlk tabaka üretildikten sonra arkadan gelen reçinenin katılmış katmanın altına girerek yerleşmesine izin verilir ve istenilen kalınlığa gelince üretim tamamlanır. Kalan reçine yani lazerin temas etmediği reçine bir sonraki üretimde tekrar kullanılır. (URL-21) Bu metodun dezavantajı olarak lazer boyutu ve z ekseninde tabaka yükselişinin fazla olmasıdır (Aktitiz vd. 2020). Üç boyutlu ürün üretiminden sonra prototip yıkanarak UV fırınında son kürlenme işlemi uygulanarak ürünün kararlılığı artırılır. (URL-21)

- DLP (Digital Light Processing) 3D Yazıcı

Bu yazıcı metodu SLA ile üretim prensibi olarak benzerlik göstermekle birlikte SLA’dan ışık kaynağı ve reçine noktasında farklılık gösterir (Sönmez vd. 2018). Bu metotta ışık kaynağı dijital olup SLA’daki gibi lazer değildir. SLA’da tabakalar lazerlerin

yol açtığı nokta boyutundan oluşurken DLP üç boyutlu yazıcılarda piksellerin üç boyutlu yazıcılardaki karlılığı olan volksellerden oluşmaktadır. DLP üç boyutlu yazıcıları SLA üç boyutlu yazıcılara göre daha hızlıdır çünkü DLP’de üretilen ürünlerin oluşum esnasında tabakalarının sertleşmesi dijital ışık kaynağının bir kez flaş yapması yeterli olacağında lazere göre hızlı davranmaktadır. (URL-21)

- Reçineli 3D Yazıcı ile Üretimin Avantajları

Bilindiği üzere SLA ve DLP birer reçineli 3D yazıcısıdır ve bu metotlarla üretim yapmanın belli başlı avantajları vardır. Bunlardan birkaç tanesinden bahsetmek gerekirse, reçineli yazma tekniklerinden biri olan SLA pazarda kullanılan en hassas üç boyutlu yazıcı teknolojisidir. Dolayısıyla üretilen ürünler en ince detayları kaliteli, karmaşık işlemleri yapmaya olanak sağlayan ve yüksek kalitede üretim yapabilen bir teknolojidir. Ayrıca yüksek kalitede yüzey kalitesinde üretim yapan bir teknolojidir. Bir diğer üretim tekniği olan DLP de üretim dijital ışık kaynağının yanı-sönme özelliğinden dolayı hızlı üretime olanak sağlamaktadır (URL-21).

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. Materyal ve Metot

3.1.1. Materyal

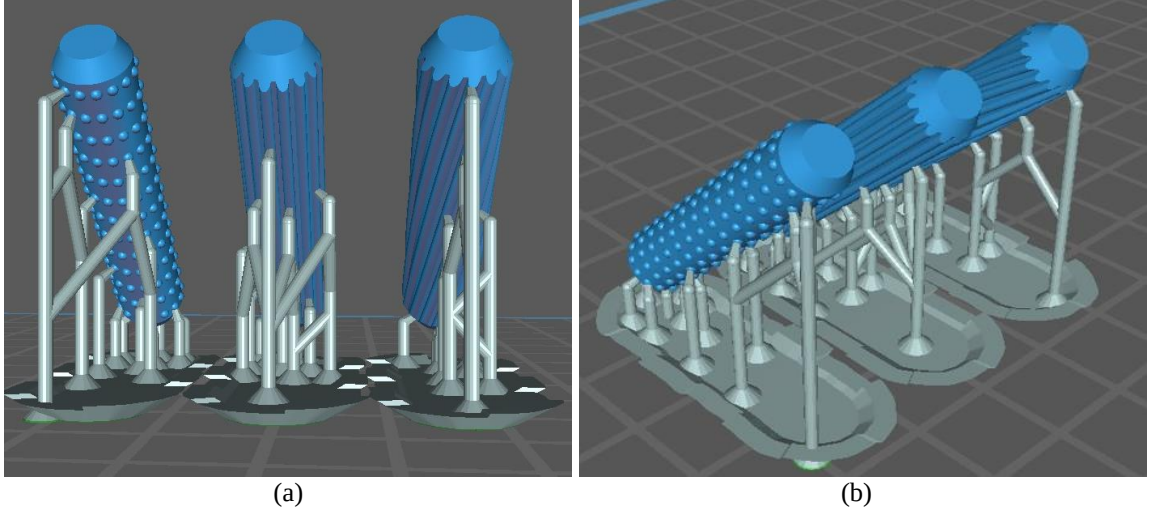
Bu çalışmada birleştirme yerlerinde kullanılmak üzere $0,45 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluk değerinde sarıçam odunları kullanılmıştır. Sarıçam örnekleri $52 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$ ölçülerinde kesilmiş, PVA tutkalı ve farklı özelliklerde üç boyutlu eklemeli yöntemle üretilmiş kavelaların yardımıyla birleştirme yerleri hazırlanmıştır. Şekil 9 sarıçam örneklerinin hazırlanmasına ait resimleri göstermektedir. Örnekler şekilde görüldüğü gibi dikkatlice kesilmiş ve kave delikleri için markalanmış ve delinmiştir.



Şekil 9. Birleştirme yerlerine ait sarıçam örnekleri.

- 3 D Kavela Tasarımı

Kavela modelleri, bir CAD programı olan SolidWorks kullanılarak yivli, spiral ve düz olacak şekilde üç farklı yüzey geometrisinde tasarlanmıştır. Bu kavelaların boyutlarla aynı olacak şekilde modellenmiştir. Yüzeyde kullanılan geometrik şekillerin derinliği 1 mm olarak belirlenmiştir. Tasarlanan kavela şekilleri Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Tasarlanan kavelaların a) önden, b) yandan görselleri.

- Kavelaların Üretimi

Üç boyutlu olarak modellenen kavelalar, üretim sürecinde üç boyutlu yazıcıların üretim parametrelerini kontrol etmeye olanak tanıyan dilimleyici programlara aktarılmak üzere STL (Standard Triangle Language) formatına dönüştürülmüştür. Bu çalışmada, üretim için iki farklı üç boyutlu yazıcı tipi kullanılmıştır: DLP (Digital Light Processing) ve FFF (Fused Filament Fabrication).

Üretim süreci, DLP tipi yazıcı olarak Phrozen Mega 8K S ve FFF tipi yazıcı olarak Ultimaker 5 S cihazlarında gerçekleştirilmiştir. Kavela tasarımları, her bir yazıcıya uygun dilimleyici programlara aktarılmış olup, DLP tipi yazıcı için Chitubox, FFF tipi yazıcı için ise Cura yazılımı tercih edilmiştir.

Üretimde kullanılan hammaddeler yazıcı tipine göre farklılık göstermektedir. DLP tipi yazıcıda Anycubic firmasına ait Tok reçinesi, FFF tipi yazıcıda ise Ultimaker markasının 2.85 mm çapındaki Tok PLA, PLA, ve PA filamentleri kullanılmıştır.

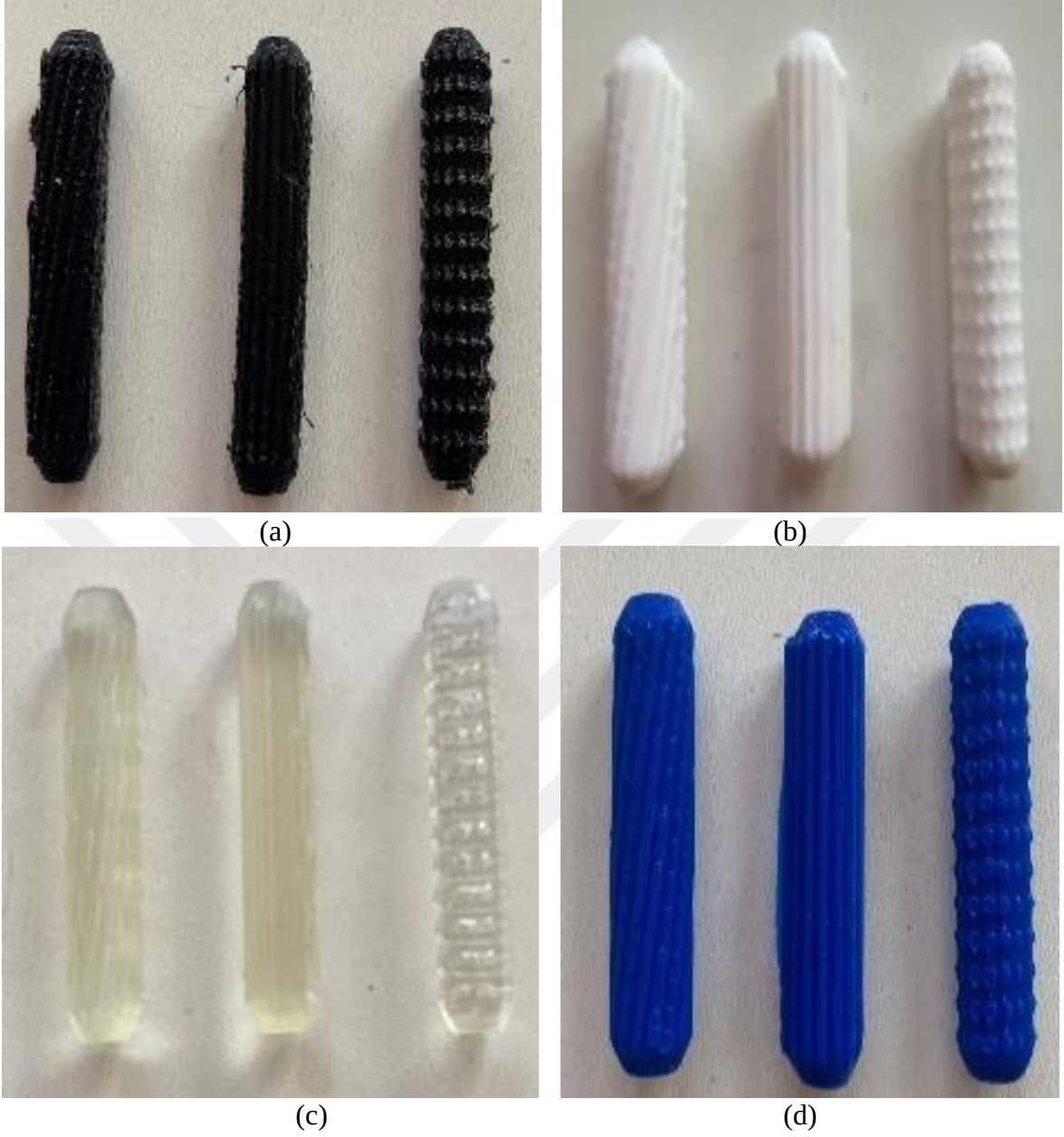
Her bir yazıcı, farklı bir üretim metoduna sahip olup, kendine özgü üretim parametreleri gerektirmektedir. Benzer şekilde, kullanılan hammaddeler de farklı üretim parametreleri gerektirmektedir. Bu parametrelere ilişkin detaylar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. 3 D kavela üretim parametreleri

	Hammadde	Parametre	Birim	Değer
FFF Tipi Yazıcı	PLA	Katman kalınlığı	mm	0.1
		Dolgu deseni	-	Konsentrik
		Dolgu yoğunluğu	%	100
		Soğuma hızı	%	100
		Baskı sıcaklığı	°	200
		Tabla sıcaklığı	°	60
		Baskı hızı	mm/sn	60
	Tok PLA	Katman kalınlığı	mm	0.1
		Dolgu deseni	-	Konsentrik
		Dolgu yoğunluğu	%	100
		Soğuma hızı	%	100
		Baskı sıcaklığı	°	235
		Tabla sıcaklığı	°	60
		Baskı hızı	mm/sn	50
	PA	Katman kalınlığı	mm	0.1
		Dolgu deseni	-	Konsentrik
		Dolgu yoğunluğu	%	100
		Soğuma hızı	%	80
		Baskı sıcaklığı	°	245
		Tabla sıcaklığı	°	80
		Baskı hızı	mm/sn	40
DLP Tipi Yazıcı	Tok Reçine	Katman kalınlığı	mm	0.1
		İlk katman ışıklama süresi	sn	40
		İşıklama süresi	sn	4

Ayrıca, DLP tipi yazıcılarda üretilen kavelalara üretim sonrası ardıl işlem uygulanmıştır. Bu işlemde, kavelalar Phrozen marka yıkama ve kürlleme cihazlarında 20 dakika boyunca yıkanarak üzerlerindeki artık sıvı reçine temizlenmiştir. Ardından, kürlleme cihazında 403 nm dalga boyundaki morötesi ışığa 5 dakika süreyle maruz bırakılarak sertleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kavelalar PA, PLA, tok PLA ve tok resin malzemelerinden 6 mm çapında ve 30 mm uzunluğunda üretilmiştir. Kavelaların yüzeyleri yivli, spiral ve düz olacak şekilde üç farklı şekilde tasarlanmıştır. Şekil 11 bu çalışma kapsamında üretilen kavelalara ait resimleri göstermektedir.



Şekil 11 a) PA kavelalar, b) PLA kavelalar, c) Tok resin kavelalar, Tok PLA kavelalar.

Sarıçam örnekleri Şekil 12'deki gibi kavela ve PVA tutkalı yardımıyla birleştirilip işkencelerde sıkıştırılmış ve 24 saat yapışmaya tabi tutulmuştur.



Şekil 12. İşkence ile yapışmaya tabi tutulmuş kavelalı birleşme yerleri

3.1.2. Metot

- Deneysel Tasarım

Bu çalışma kapsamında 3 farklı kavela yüzeyi, 4 farklı malzeme 3 boyutlu yazıcı da kullanılacak malzeme kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın deneysel tasarımı 3 farklı yüzey alanı, 4 farklı malzeme ve 5 tekrar olacak şekilde $3 \times 4 \times 5$ olacak şekilde toplamda 60 birleşme yeri hazırlanmıştır. Ayrıca piyasadan masif ve plastik kavelalar temin edilmiş olup herbirinden 5'er adet toplamda 10 adet sarıçam birleşme yeri hazırlanmış, toplamda 70 birleşme yeri hazırlanmıştır. Bu birleşme yerleri bu çalışma kapsamında üretilen birleşme yerlerinin piyasa kavelalarıyla makaslama performansının kıyaslanması için üretilmiştir. Söz konusu piyasa kavelaları sadece düz yüzey desenindedir.

- Makaslama Testi

Bu çalışma kapsamında örnekler Zwick Universal test makinesinde ASTM D 143 standartına göre 2,5 mm/dak hızla yüklemeye tabi tutulmuş, maksimum yükler ve kırılma modları rapor edilmiştir. Şekil 13 Zwick Universal test cihazında bu çalışma kapsamında oluşturulmuş birleştirme yerlerine ait test işlemini göstermektedir. Şekle göre yükleme tam birleşme yerine makaslamanın gerçekleşeceği şekilde uygulanmış, kavela ve birleşme yerlerinin performansları incelenmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 13. Zwick Universal test cihazı: a) yan, b) ön, c) çapraz görüntüler.

- İstatistik Analiz

Verilerin analizinde SAS Software 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, ABD) istatistik paket programı kullanılmıştır. PLA, PA, tok PLA ve tok resin olmak üzere farklı malzemelerden üretilmiş kavela malzemesinden üretilmiş çam birleştirme yerlerinin makaslama direnci değerleri üzerine kavela üretim malzemesi ve farklı kavela yüzey desenlerinin etkileri % 5 güven düzeyinde ele alınmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı yüzey deseni ve malzemesinde üretilmiş kavelalardan oluşturulan birleşme yerlerin ait makaslama direnci sonuçları aşağıdaki gibi farklı farklı ele alınmıştır.

4.1. PLA Kavelalı Birleştirme Yerleri

PLA dan üretilmiş birleştirme yerlerin ait makaslama testi sonuçları Tablo 2’de paylaşılmıştır. Sonuçlara bakıldığında yivli, spiral ve düz desenli kavelalar birbirlerine yakın makaslama direnci değerleri vermiştir.

Tablo 2. PLA’dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

	PLA		
Örnek sayısı	Yivli	Spiral	Düz
1	2790	2604	2670
2	3195	2604	2058
3	2361	2519	3105
4	2052	2834	1911
5	2400	2326	2381
Ortalama	2560 (A)	2577 (A)	2425 (AB)
St sapma	441,415	182,942	480,428
COV	17,2455	7,09793	19,8115
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir.			

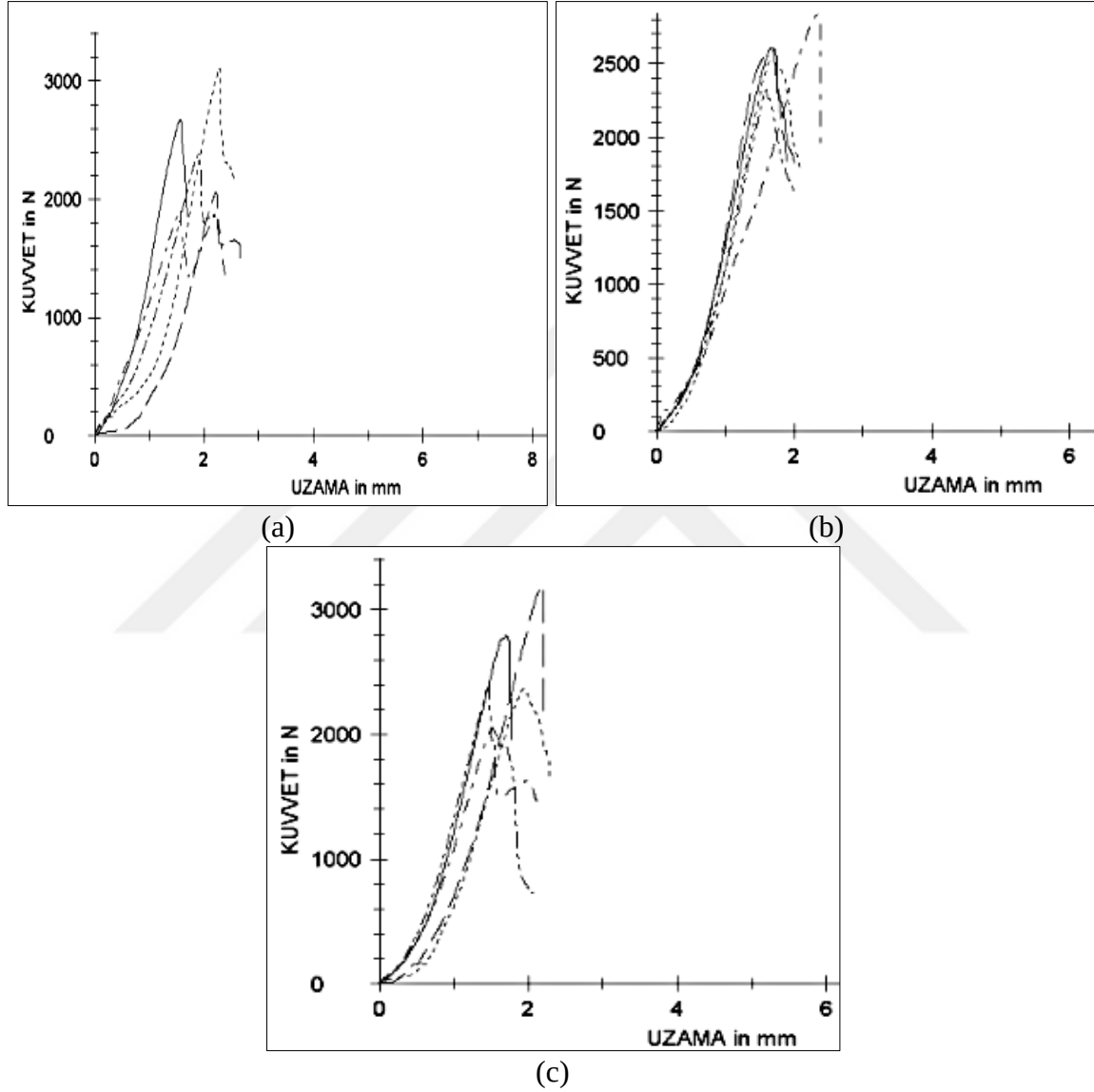
Bu sonuçlar Tablo 1’de istatistiksel olarak ele alınmış olup yivli ve spiral desenli kavelalardan üretilmiş birleştirme yerlerinin makaslama direnci değerleri istatistiksel olarak olmasa bile matematiksel olarak düz olana göre daha yüksek çıkmıştır. Ancak genel itibariyle istatistiksel olarak PLA dan üretilmiş kavelalarda farklı yüzey deseni kullanmanın makaslama direnci üzerine etkisi olmadığı görülmüştür. Demirel vd. (2024) çalışmasında PLA’dan üretilmiş tutkalsız yivli, spiral ve düz kavelalı birleştirmelerin makaslama direnci değerleri arasında da bu çalışmada olduğu gibi istatistiki anlamda bir fark gözlemlenmemiştir.

Şekil 14 bu birleşme yerlerinin yükleme sonucu elde edilen ayrılımlarını göstermektedir.



Şekil 14. PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli kavelalı birleştirmeler

Şekilden görüldüğü gibi her üç PLA kavela türünün bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modu tutkal hattında kopma ve kavelanın üst kenara yakın kısmının kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 15 PLA malzemesinden üretilmiş kavelardan oluşan birleşme yerlerine ait kuvvet-uzaman (yük-yerdeğiştirme) grafiklerini vermektedir.



Şekil 15. PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri

Şekil 15'te gözlemlendiği üzere PLA'dan üretilmiş birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman eğrisi keskin tepeli tutkal kopma hattı olan yani maksimum değerlerin tutkal hattının kopmasıyla elde edilen eğri tipine sahiptir. Demirel v.d. (2018) çalışmasında zımba tutkallı OSB birleşme yerlerinin makaslama direnci performanları üzerine çalışmış

ve ettiği yük yer değiştirme eğrileri tıpkı bu çalışmada olduğu gibi keskin tepeli tutkal hattının bulunduğu yük yer değiştirme eğrileri elde etmiştir. Bu tez çalışması bu anlamda literatür çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir.

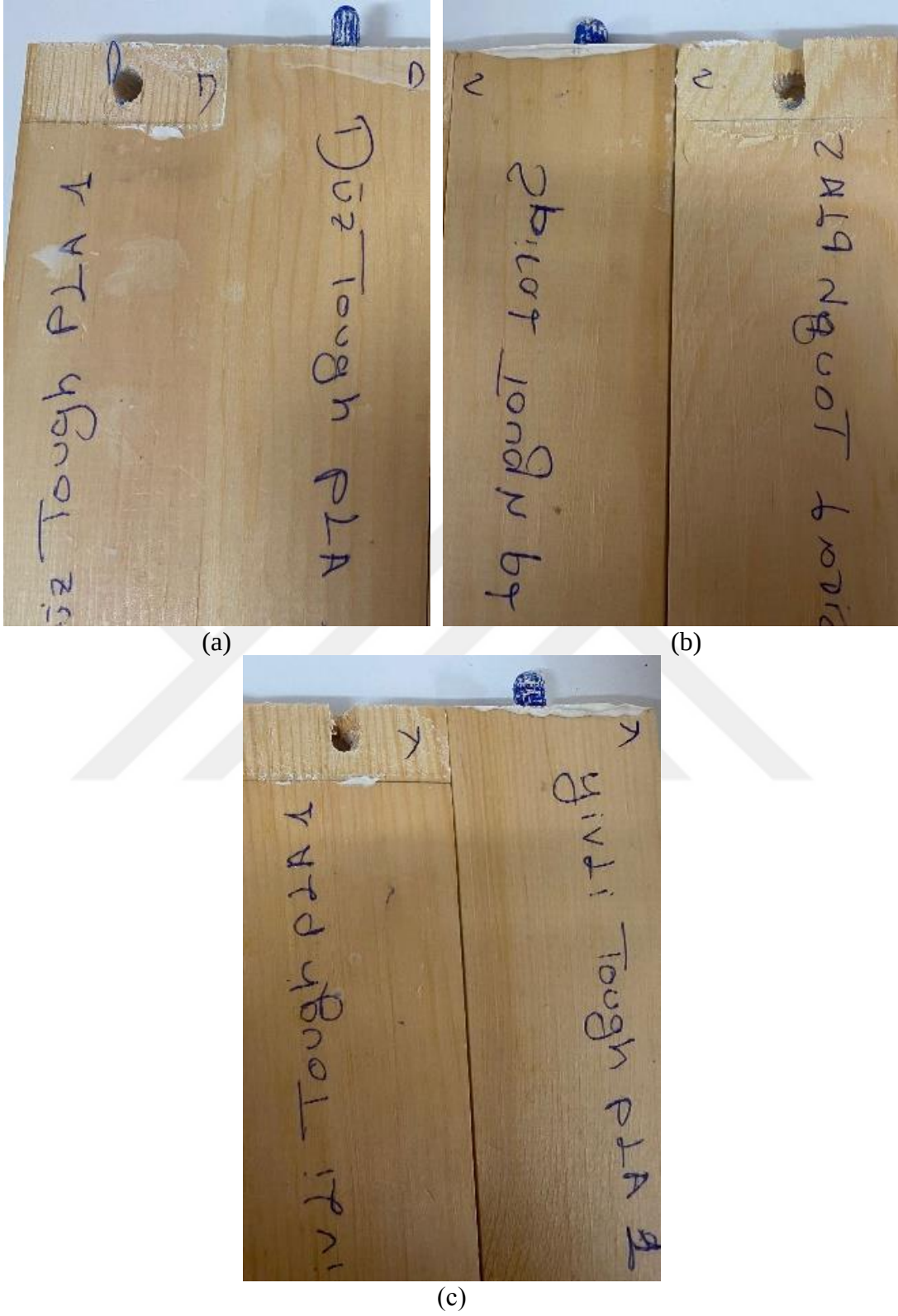
4.2. Tok PLA Kavelalı Birleştirme Yerleri

Tok PLA dan üretilmiş birleştirme yerlerin ait makaslama testi sonuçları Tablo 3'te paylaşılmıştır. Sonuçlara bakıldığından yivli ve spiral desenli örnekler düşük birbirine yakın makaslama direnci değer vermişken düz desenli kavelalı birleştirmeler daha yüksek değerler vermişlerdir. Ancak istatistiksel anlamda bir farklı olmadığu tablodan gözlemlenmiş ve farklı kavela yüzey deseninin birleşme yerlerinin makaslama direnci üzerine etki etmediğu gözlemlenmiştir. Demirel vd. (2024) alışmasında PLA'dan üretilmiş tutkalsız yivli, spiral ve düz kavelalı kavelalı birleştirmelerin makaslama direnci değerleri arasında da bu çalışmada olduğu gibi istatistiksel anlamda bir fark gözlemlenmemiştir.

Tablo 3. Tok PLA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

	Tok PLA		
Örnek sayısı	Yivli	Spiral	Düz
1	2546	2360	2581
2	2164	2485	2603
3	2709	2475	2873
4	1915	2312	2533
5	2259	1914	2726
Ortalama	2319 (AB)	2309 (AB)	2663 (A)
St sapma	314	233	137
COV	14	10	5
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir.			

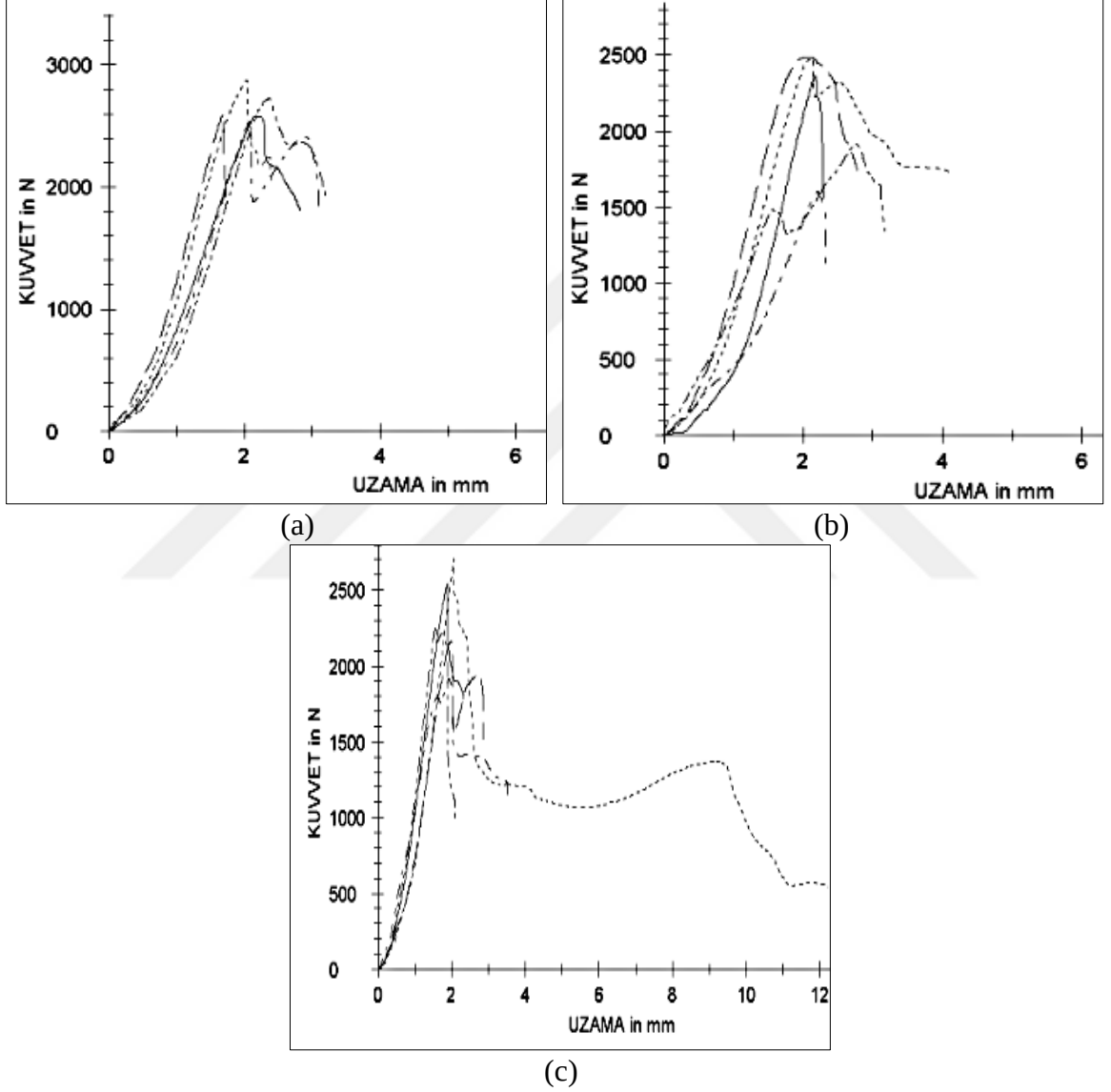
şekil 16 bu birleşme yerlerinin yükleme sonucu elde edilen ayrılımlarını göstermektedir.



Şekil 16. a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli tok PLA kavelalı birleştirmeler

Şekil 16'dan görüldüğü gibi spiral ve yivli desenli tok PLA'dan üretilmiş kavala türlerinin bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modu tutkal hattında kopma ve kavelanın

üst kenara yakın kısımda sarı çam ahşap malzemesinin kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Düz desenli olan tok PLA kavelanın bulunduğu birleşme yerinin kırılma modu sadece ahşap parçalarının tutkal hattının kopmasıyla birbirinden ayrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 17 tok PLA malzemesinden üretilmiş kavelardan oluşan birleşme yerlerine ait kuvvet-uzaman (yük-yerdeğiştirme) grafiklerini vermektedir.



Şekil 17. Tok PLA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri

Şekil 17'den gözlemlendiği üzere tok PLA'dan üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman eğrisi genel itibariyle keskin tepeli tutkal kopma hattı olan eğri tipine sahiptir.

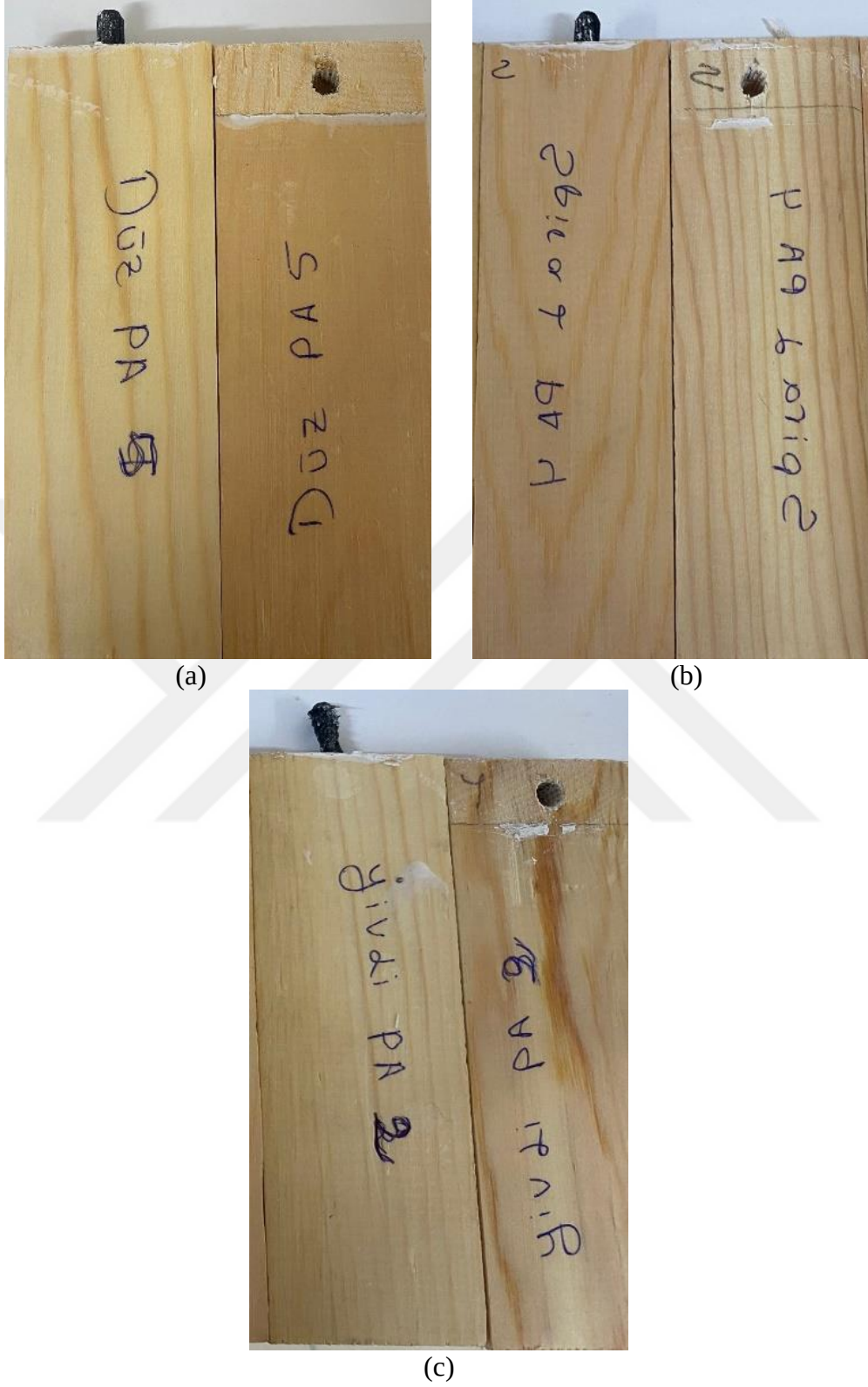
4.3. PA Kavelalı Birleştirme Yerleri

PA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerin ait makaslama testi sonuçları Tablo 4'te paylaşılmıştır. Sonuçlara bakıldığında yivli ve düz desenli kavelalardan elde edilen birleştirme yerlerinin makaslama direnci değerleri birbirine yakın çıkmış ve istatistiki olarak bir fark çıkmamışken spiral desenli kavelalardan üretilenlere istatistiksel olarak üstünlük göstermiştir.

Tablo 4. PA'dan üretilmiş kavelalarla birleştirilen birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

Örnek sayısı	PA		
	Yivli	Spiral	Düz
1	2899	1731	2760
2	2483	2280	2765
3	2656	2271	2453
4	2716	2248	2333
5	2658	1969	2603
Ortalama	2682 (A)	2100 (B)	2588 (A)
St sapma	149,246	243,345	189,903
COV	5,56389	11,589	7,35261
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir.			

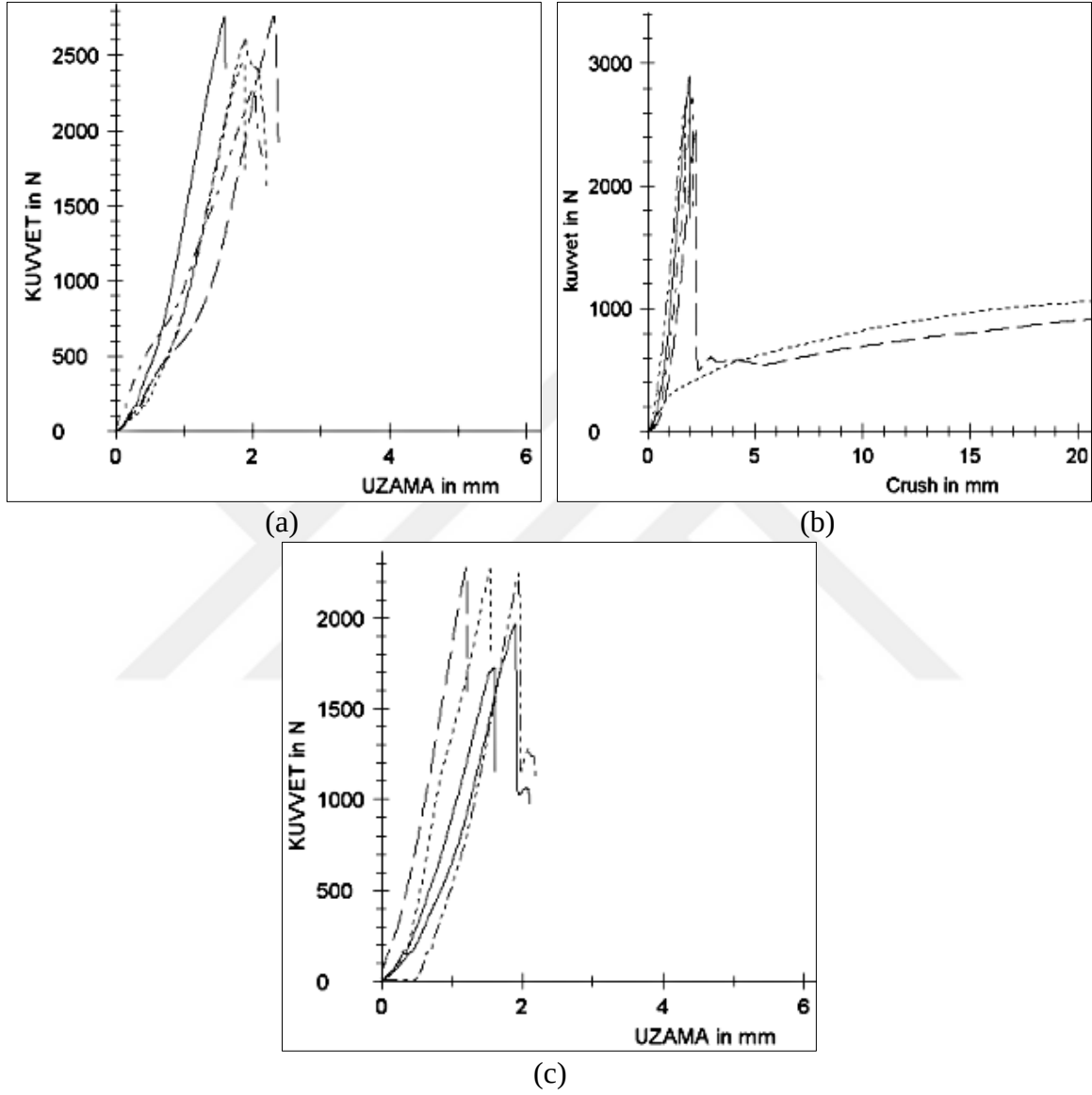
Şekil 18 bu birleşme yerlerinin yükleme sonucu elde edilen ayrılmalarını göstermektedir.



Şekil 18 a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli PA kavelalı birleştirmeler

Şekil 18'den görüldüğü gibi her tür PA'dan üretilmiş kavela türlerinin bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modu sadece ahşap parçalarının tutkal hattının kopmasıyla

birbirinden ayrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 19. PA malzemesinden üretilmiş kavelardan oluşan birleşme yerlerine ait kuvvet-uzaman (yük-yerdeğiştirme) grafiklerini vermektedir.



Şekil 19. PA'dan üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri

Şekil 19'dan gözlemlendiği üzere PA'dan üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman eğrisi genel itibariyle keskin tepeli tutkal kopma hattı olan eğri tipine sahiptir.

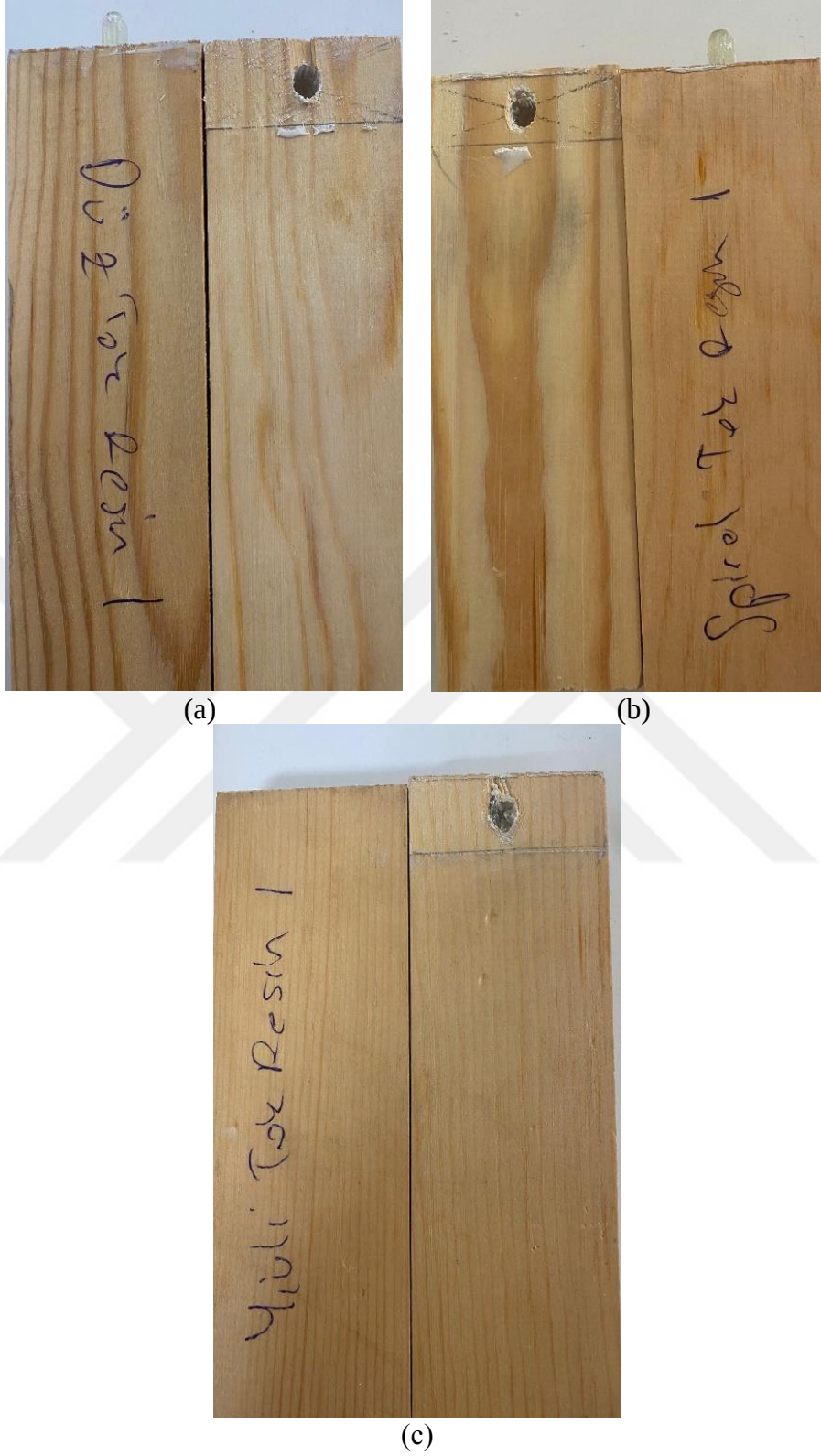
4.4. Tok Reçine Kavelalı Birleştirme Yerleri

Tok Reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama testi sonuçları Tablo 5’te paylaşılmıştır. Sonuçlara bakıldığında yivli, spiral ve düz desenli tok reçine kavelalardan üretilen birleştirme yerlerinin makaslama direnci değerleri birbirlerine yakın olup ve istatistiki anlamda bir fark gözlemlenmemiştir. Demirel vd. (2024) çalışmasında resin’den üretilmiş tutkalsız yivli, spiral ve düz kavelalı kavelalı birleştirmelerin makaslama direnci değerleri bir kıyaslama yapmış düz desenli kavelaların makaslama direnci değerleri yivli olana kıyasla istatistiki anlamda daha yüksek çıkmıştır. Reçine malzemesi tok reçineye göre daha kırılğan olup spiral desenli kavelalarda üretilirken montaj aşamasında kırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen spiral desenli resin kavelalardan üretilen kayın birleşme yerlerinin makaslama direnci değerleri yaklaşık 752 N değerinde olup mevcut çalışma sonuçlarının yaklaşık dörte biri kadardır. Çünkü bu çalışmada tok resin malzemesi kullanılmıştır.

Tablo 5. Tok reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

Örnek sayısı	Tok Reçine		
	Yivli	Spiral	Düz
1	2300	3093	2580
2	3010	3064	2765
3	3362	2262	3330
4	2825	2501	2691
5	2598	2719	2857
Ortalama	2819 (A)	2728 (AB)	2845 (A)
St sapma	402,979	549,252	289,702
COV	14,2951	21,5901	10,1047
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir.			

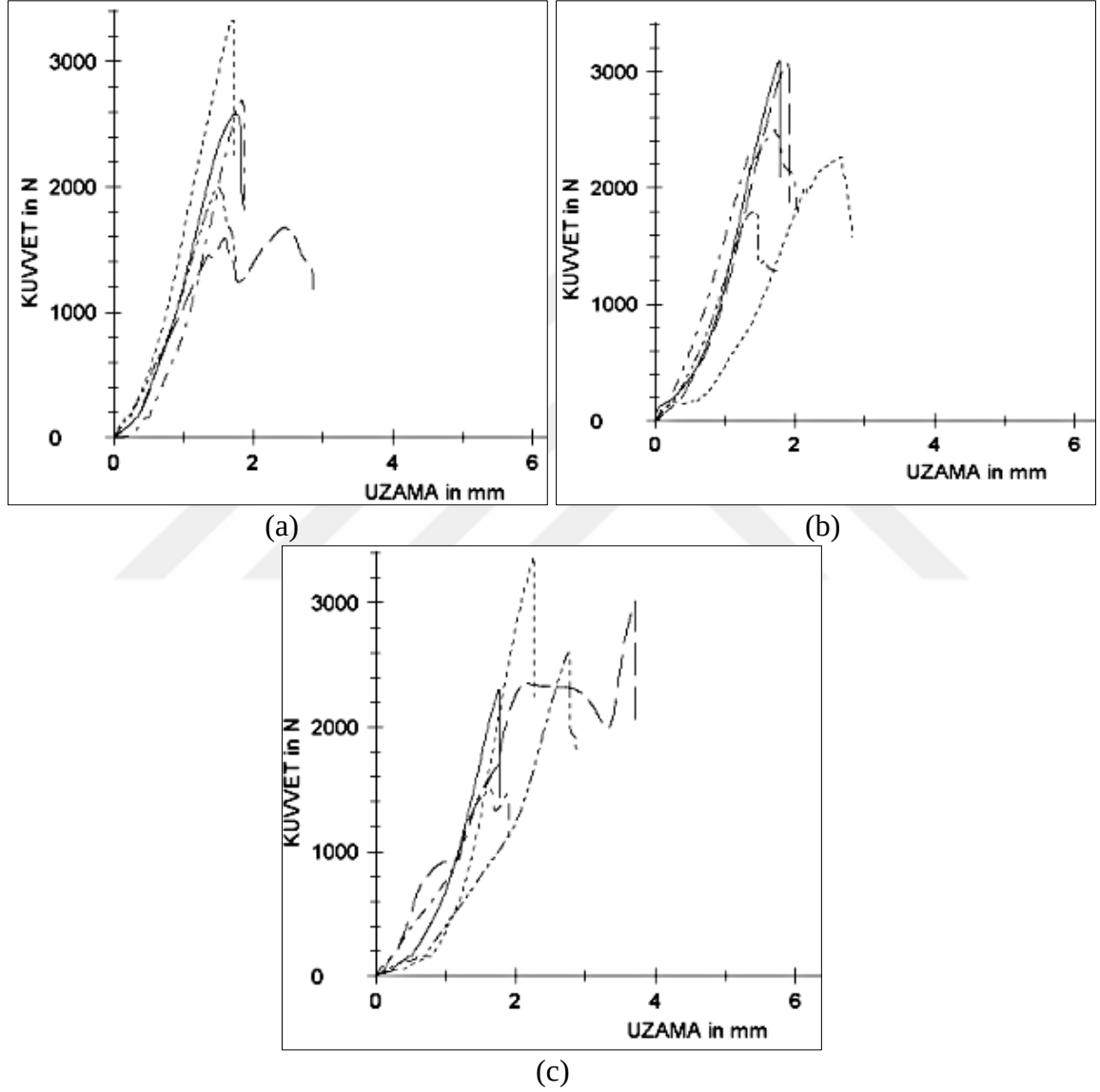
Şekil 20 Tok Reçine den üretilmiş kavelalı birleşme yerlerinin yükleme sonucu elde edilen ayrılımları göstermektedir.



Şekil 20. a) Düz, b) Spiral, c) Yivli desenli Tok Reçine kavelalı birleştirmeler.

Şekil 20'den görüldüğü gibi düz ve yivli desenli tok reçineden üretilmiş kavela türlerinin bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modu tutkal hattında kopma ve kavelanın

üst kenara yakın kısımda sarı çam ahşap malzemesinin kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Spiral desenli olan tok PLA kavelanın bulunduğu birleşme yerinin kırılma modu sadece ahşap parçalarının tutkal hattının kopmasıyla birbirinden ayrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 21 PA malzemesinden üretilmiş kavelardan oluşan birleşme yerlerine ait kuvvet-uzaman (yük-yerdeğiştirme) grafiklerini vermektedir.



Şekil 21. Tok reçineden üretilmiş a) Düz, b) Spiral, c) Yivli yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri

Şekil 21'den gözlemlendiği üzere tok reçineden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman eğrisi genel itibariyle keskin tepeli tutkal kopma hattı olan eğri tipine sahiptir.

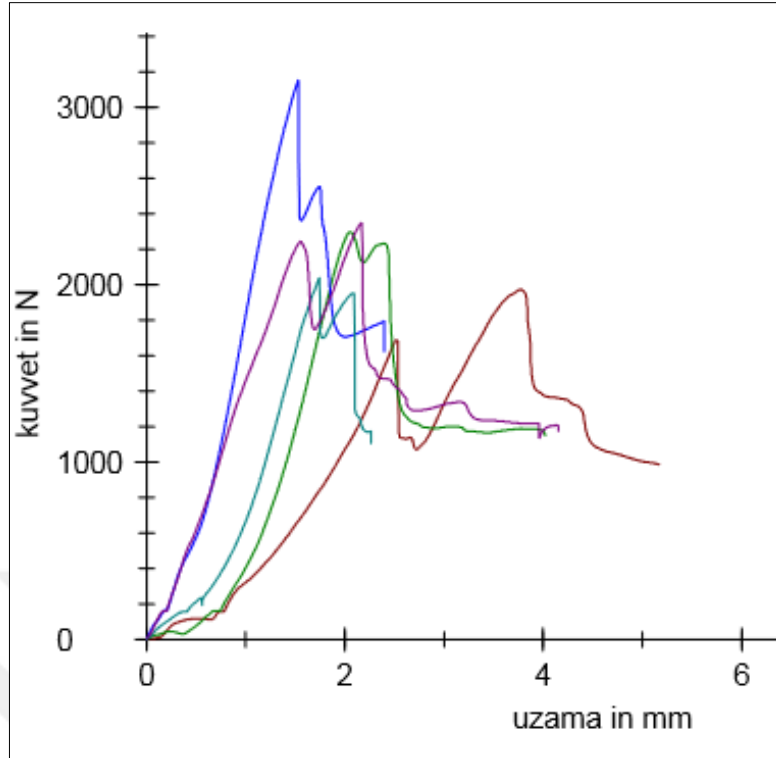
4.5. Masif Kavelalı Birleştirme Yerleri

Piyasada yıllardan beridir kullanılan masif kavelalar piyasadan temin edilmiş ve bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Sözkonusu kavelalar sarıçam örneklerinde PVA tutkalı yardımıyla birleştirilerek makaslama testatine tabi tutulmuş ve sonuçlar üretilen diğer kavelaların bulunduğu birleşme yerleriyle kıyaslanmıştır. Tablo 6 masif kavelaların bulunduğu tutkallı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerlerini COV değerleriyle birlikte vermektedir.

Tablo 6. Masif kavelalı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

Örnek sayısı	Masif
	Düz Desenli
1	1971
2	2296
3	3151
4	2036
5	2345
Ortalama	2386
St sapma	471
COV	20

Şekil 22. Masif kavelalı birleşme yerlerine ait kuvvet zaman grafiklerini vermektedir.



Şekil 22. Masif kaveladan üretilmiş düz yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri.

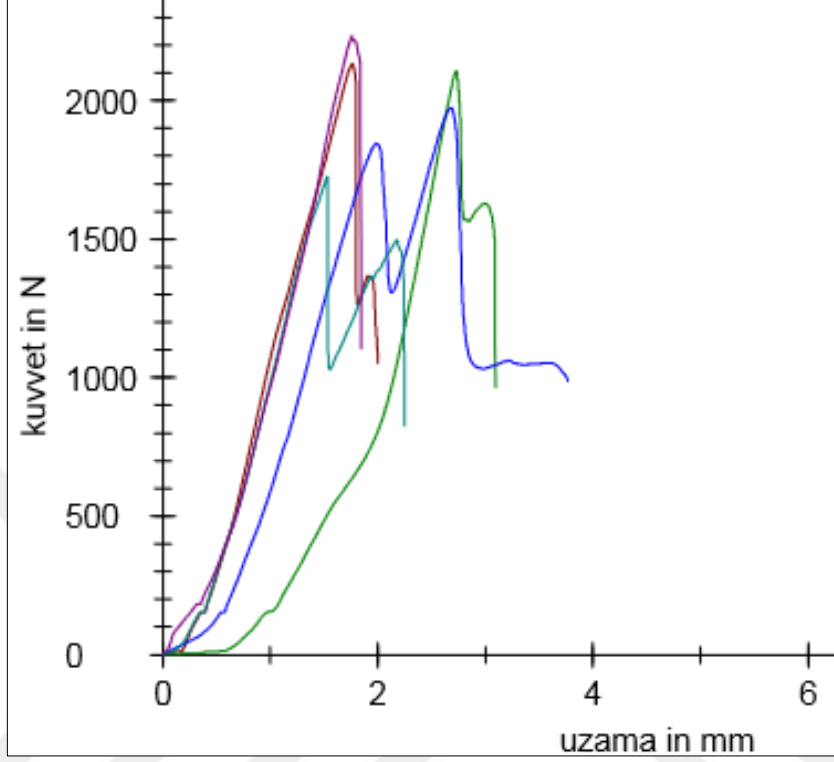
4.6. Piyasa Plastığı Kavelalı Birleştirme Yerleri

Piyasada çokça kullanılan ve kalıp üretim olan plastik kavelalar piyasadan temin edilmiş ve bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Söz konusu plastik kavelalar sarıçam örneklerinde PVA tutkalı yardımıyla birleştirilerek makaslama testine tabi tutulmuş ve sonuçlar üretilen diğer kavelaların bulunduğu birleşme yerleriyle kıyaslanmıştır. Tablo 7 Masif kavelaların bulunduğu tutkallı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerlerini COV değerleriyle birlikte vermektedir.

Tablo 7. Plastik kavelalı birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

Örnek sayısı	Plastik
	Düz Desenli
1	2135
2	2105
3	1974
4	1756
5	2233
Ortalama	1955
St sapma	184
COV	9

Şekil 23 Plastik kavelalı birleşme yerlerine ait kuvvet zaman grafiklerini vermektedir.



Şekil 23. Plastik kavelalardan üretilmiş düz yüzey desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kuvvet-zaman grafikleri

4.7. Genel Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında üretilen sonuçlara bakılacak olursa, tüm kavelalardan üretilmiş birleştirme yerlerine ait makaslama direnci sonuçlarını gösteren Tablo 8 sunulmuştur. Tüm bu birleştirmeler kavelalar ve PVA tutkalıyla birleştirilmiştir ve farklı yüzey desenlerinin tutkal yardımıyla tutunması gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre yivli ve düz desenli tok resinden üretilmiş kavelalı birleştirmeler matematiksel olarak en yüksek makaslama direnci değerleri vermiştir. Bunu yivli PA ve spiral tok resinden üretilmiş kavelalar takip etmiştir. Akabinde yivli ve spiral tok PLA'dan üretilmiş kavelalar sıralamada yerini almış ve en düşük makaslama değeri spiral desenli PA'dan üretilmiş kavelalar almıştır.

Tablo 8. PLA, tok PLA, PA ve tok reçineden üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

Örnek sayısı	PLA			Tok PLA			PA			Tok Resin		
	Yivli	Spiral	Düz	Yivli	Spiral	Düz	Yivli	Spiral	Düz	Yivli	Spiral	Düz
1	2790	2604	2670	2546	2360	2581	2899	1731	2760	2300	3093	2580
2	3195	2604	2058	2164	2485	2603	2483	2280	2765	3010	3064	2765
3	2361	2519	3105	2709	2475	2873	2656	2271	2453	3362	2262	3330
4	2052	2834	1911	1915	2312	2533	2716	2248	2333	2825	2501	2691
5	2400	2326	2381	2259	1914	2726	2658	1969	2603	2598	2719	2857
Ortalama	2560 (ABC)	2577 (ABC)	2425 (BCD)	2319 (CD)	2309 (CD)	2663 (ABC)	2682 (AB)	2100 (D)	2588 (ABC)	2819 (A)	2728 (AB)	2845 (A)
St sapma	441	183	480	314	233	137	149	243	190	403	549	290
COV	17	7	20	14	10	5	6	12	7	14	22	10
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir												

Aynı malzemeden üretilmiş farklı yüzey desenli kavelaların istatistiki anlamda kıyaslanmasına bakıldığında PLA, tok PLA ve tok resinden üretilmiş kavelalı birleştirmelerin yivli, düz spiral gibi farklı yüzey desenleri kullanımının makaslama direnci değerleri arasında istatistiki bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak PA'dan üretilmiş kavelaların yivli ve düz desenli olanları spiral olanlara göre istatistiki anlamda daha büyük makaslama direnci verdiği tablodan görülmektedir.

Tablo 9. PLA, tok PLA, PA, tok reçine, masif ve piyasada kullanılan plastik'den üretilmiş kavelalarla birleştirme yerlerine ait makaslama direnci değerleri

PLA	Yivli	2560 (ABCD)
	Spiral	2583 (ABCD)
	Düz	2425 (BCDE)
Tok PLA	Yivli	2319 (DE)
	Spiral	2309 (DE)
	Düz	2663 (ABCD)
PA	Yivli	2682 (ABCD)
	Spiral	2100 (E)
	Düz	2583 (ABCD)
Tok Resin	Yivli	2819 (AB)
	Spiral	2728 (ABC)
	Düz	2845 (A)
Masif	Düz	2360 (CDE)
Plastik	Düz	2041 (E)
Parantez içindeki harfler istatistiksel farkları göstermektedir.		

Tabloya bakıldığında matematiksel olarak en yüksek makaslama direnci değerleri tok resinden üretilmiş kavelalarla elde edilen birleştirme yerleri vermiştir. Daha sonra PA ve PLA kavelalar matematiksel anlamda tok PLA'dan üretilenlere göre daha yüksek makaslama direnci değeri göstermiştir. Tablo 9'a bakıldığında yapılan SAS istatistik analiz sonucu en küçük önem farkıyla (LSD 398) kıyas yapıldığında özellikle tok resinden üretilmiş düz desenli kavelalardan üretilen birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri PLA düz, PA spiral masif ve plastik kavelalardan istatistiki anlamda daha yüksek değer vermiştir. Oysa Demirel vd. (2024) çalışmasında resinden üretilmiş kavelaların tutkalsız birleşmelerinde yivli olan kavelaların bulunduğu birleşme yerleri en düşük makaslama direnci değerini vermiştir, spiral olanlar ise diğer PLA ve PLA+TPU malzemesinden üretilenlerden daha düşük makaslama direnci değeri vermiştir. Ancak bu çalışmada en güçlü malzeme tok resinden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerleri en yüksek değeri vermiştir. Tabloya bakıldığında PA spiral kavela ile piyasa plastik kavelasından üretilmiş birleşme yerlerinin makaslama değerleri en düşük ve istatistiki anlamda bir fark göstermemiştir. Zaten bu çalışma kapsamında yapılan gözlemler sonucu piyasa plastik kavelasının da PA malzemesinden üretildiği düşünülmektedir. Genel itibariyle değerlendirmek gerekirse bu çalışma kapsamında üretilen kavelalar piyasada kullanılan masif kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin verdiği makaslama direncinden ya büyük ya da yakın değerler vermiştir. Diğer taraftan piyasa plastik kavelası denilen ve PA olduğu düşünülen kavelalardan daha yüksek makaslama direnci değerleri vermiştir.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında 3 boyutlu eklemeli üretimle PLA, tok PLA, PA ve tok reçine malzemeleri kullanarak düz, spiral, yivli olmak üzere üç farklı yüzey desenli üretilen kavelaların PVA tutkalı yardımıyla sarıçam takozları yardımıyla oluşturulan birleşme yerlerindeki makaslama direnci performansları değerlendirilmiş ve kıyaslanmıştır.

Çalışma sonuçlarına bakıldığında en yüksek makaslama direnci değerlerini tok reçineden üretilmiş kavelalı tutkallı birleştirmeler vermiştir. Sonra bunu Tok PLA, PLA ve PA'dan üretilmiş kavelalı tutkallı birleşme yerleri takip etmektedir. Bu üç farklı malzemeden üretilen birleştirme yerleri arasında istatistiki bir fark bulunmamaktadır ancak PA'dan üretilmiş spiral desenli kavelalı birleşme yerleri hariç. Keza sözkonusu birleşme yerleri istatistiki olarak daha az makaslama direnci göstermiştir. Tok reçineden üretilmiş yivli, spiral ve düz desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerleri ile PA'dan üretilmiş yivli desenli birleşme yerlerine ait makaslama direnci değeri tok PLA'dan üretilmiş spiral ve yivli desenli kavelalardan üretilmiş tutkallı birleşme yerlerinin makaslama direnci değerlerinden istatistiki olarak daha fazladır. Buradaki sonulardan anlaşılabileceği üzere kavela üretiminde tok PLA malzemesi kullanmak daha az maliyetli PLA malzemesi kullanmak makaslama direncinde aynı performansı yakalanabileceği anlamına gelmektedir.

Kavela yüzey desenleri arasındaki farka bakıldığından tüm kavela çeşitlerinden aynı malzemeden üretilen kavelalardan üretilen birleşme yerlerinin makaslama performanslarına bakıldığında istatistiksel bir fark görülmemiştir. Ancak PA'dan üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama performansları hariç. Keza yivli ve düz PLA kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama direnci değerleri spiral desenli PLA'dan kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama direnci değerlerinden istatistiki olarak daha fazladır.

Bu çalışma kapsamında üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin piyasada kullanılan masif ve plastik malzemeden üretilen kavelalı birleşme yerlerinin performansları kıyaslandığında, tok reçineden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait makaslama direnci değerleri piyasa malzemesinde üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinden istatistiki olarak daha fazladır. PLA, tok PLA ve PA'dan üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama direnci değerleri piyasada kullanılan

masif kavelaların birleşme yerlerinin makaslama direnci değerlerinden istatistiki olarak bir fark göstermemiştir ancak piyasa plastiğinden kalıp yöntemiyle üretilen ve PA malzemesinden üretildiği düşünülen kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama direnci değerlerinden istatistiki olarak yüksektir. Ancak PA'dan üretilmiş spiral desenli kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin makaslama direnci değerleri ile piyasa plastik kavelasından üretilmiş birleşme yerlerinin makaslama direnci değerleri arasında istatistiki bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Kırılma modlarına bakıldığından genel itibariyle tok reçine ve tok PLA gibi tok malzemeden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerinin kırılma modları tutkal hattında kopma ve kavelanın üst kenara yakın kısımda sarıçam ahşap malzemesinin kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Bu tok malzemelerden üretilmiş kavelaların birleşme yerine daha sağlam tutunduğu izlenimini oluşturmaktadır. Diğer tok olmayan PA ve PLA malzemelerinden üretilmiş kavelaların bulunduğu birleşme yerlerine ait kırılma modları ahşap parçalarının tutkal hattının kopmasıyla birbirinden ayrılma şeklinde gerçekleşmiştir.

Kavelalı birleşme yerlerinin yük-yer değiştirme eğrilerine bakıldığında birleşme yerlerinin çoğunda eğri davranışının tipik tutkal hattının kopması sonucu oluşan keskin tepeli kırılma eğrisi gözlemlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Ağcabay, M., & Düzenli A. (2001) Çatalhöyük Neolitik Dönem Güney Açmalarındaki Çöp Yığınlarının (1996-1998) Arkeobotanik Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aktitiz, İ., Aydın K., Topcu A. (2020). Stereolitografi (SLA) Tekniği İle Basılan 3 Boyutlu Polimer Yapılarda İkincil Kırılma Süresinin Mekanik Özelliklere Etkisi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(4), 949-958.
- ASTM (2010) Standard Test Methods For Small Clear Specimens of Timber. D 143. West Conshohocken, PA: American Society For Testing and Materials.
- Arıburun, L. N. E. (2012) 19. Yüzyıl Osmanlı Saray Mobilyaları: Batılılaşma Etkisi Ve Biçimsel Açısından Yemek Kültüründeki Değişim Süreci. İÜ, Doktora Tezi, İstanbul.
- Aydın, A. ve Kahraman, F., (2018). 3B Baskı Teknolojisi Kullanılarak Hızlı Prototipleme Yapımı ve Nesnelerin Üretimi, *6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, s.419-428. Antalya
- Comb, JW., Priedeman, WR., Leavit, PJ., Skubic, RL., Batchelde, JS., (2005). High-precision modeling filament. *United States patent US6866807B2*, Sept 2.
- Çay, E. ve Eldeniz Çetin, M. (2024). Çoklu yetersizliği olan bireylerin eğitiminde birden fazla duyuya hitap etme: Çok duyulu ortamlar, öğretim stratejileri ve hikâyeler. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 7(2), 802-818.
- Demirel S., Kuvel N. T., Aslan M., Çava K. (2024). The performance of 3D printed dowel with three different surface designs in furniture joints. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 25(1): 100-106.
- Demirel S. Tor Ö., Yu X., Zhang, J. (2018) Lateral loads of stapled-glued surface-to-surface joints in oriented strandboard for furniture, *Wood and Fiber Science*. 50(3), 280-290.
- Dudek, P., (2013). FDM 3B Printing Technology in Manufacturing Composite Elements. *Arch Metall Mater*, 58(4):1415-8.
- Duran, D., ve Yılmaz, H. A. (2019). Investigation of the Physical Properties Of Polylactic Acid (PLA) Based Meltblown Nonwovens for Agricultural Applications. *Mugla Journal of Science and Technology*, 5(2), 97-109.
- Dülgeroğlu, K. (2011). *Mobilya Seçiminde Tüketici Tercihlerinin Belirlenmesi*, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Eryiğit Bader A. (2020). Mısırdaki Piramitlerden Mezar Evlere. *Bülent Ecevit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*. 7 (2): 581-610.

- Eckelman, C., A., “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture”, Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 54-59 (1991).
- Efe, H. (1994) *Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri*, K.T.Ü., Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,.
- Evlen, H., Erel, G., Yılmaz, E. (2018) Açık ve Kapalı Sistemlerde Doluluk Oranının Parça Mukavemetine Etkisinin İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 21(3),651-662.
- Hacıoğlu, H.S., Eraslan, F. ve Şimşek, Y. Abbas V. (2016). *Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı, Sunumu ve Uygulamaları*. K.Ü. Lisans Bitirme Tezi, Mühendislik Fakültesi, Karabük.
- İmirzi, H. Ö., (2008). *Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri*. G.Ü. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kasal, A. (2004). *Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı*. G.Ü. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sönmez S, Kesen U, Dalgıç, A. (2018) 3 Boyutlu Yazıcılar. 6. *Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa*.
- Sezer S., Sargın A., Demiray R.T. (2021). *Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı*. KTÜ, Makine Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi, Trabzon.
- Şahin K. ve Turan B. O. (2018) Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi, *Stratejik ve Sosyal Araştırma Dergisi*, 98-116, 2(2).
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Ahşap Birleştirme Teknikleri, Ankara, (2011).
- Üst, S. (2015). Konutlarda iç Mekan ile Mobilya Etkileşimi Bağlamında Mobilyaya Dair Özelliklerin İncelenmesi. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 103-118.
- Yıldırım, M.N., Doruk, Ş. ve Karaman, A. (2019). 3D Yazıcıda Üretilmiş Kavela Bağlantı Elemanının L Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Kullanımı, *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2019)*, s.174-177. Ankara.
- URL-1. (2024, Aralık 18). <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1163/016942409X12541266699473>
- URL-2. (18.12.2024) <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1163/156856107780684585>
- URL-3. (2024, Aralık 18). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mobilya>
- URL-4. (2024, Aralık 18). http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mobilya%20Yap%C4%B1m%20Teknikleri.pdf

- URL-5. (2024, Aralık 18). <https://www.saplamacivata.com/baglanti-elemanlari/>
- URL-6. (2024, Aralık 18). https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/mechanical_fasteners/dowel_pins
- URL-7. (2024, Aralık 18). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/75625#:~:text=Kavela%2C%20iki%20mobilya%20eleman%C4%B1n%C4%B1%20tutkal,kullan%C4%B1lan%20birle%C5%9Firme%20tekni%C4%9Fi%20kavelal%C4%B1%20birle%C5%9Ftirmedir.>
- URL-8. (2024, Aralık 18). <https://en.wikipedia.org/wiki/Dowel>
- URL-9. (2024, Aralık 18). https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/mechanical_fasteners/dowel_pins
- URL-10. (2024, Aralık 18). <https://www.porima3d.com/blog/icerik/pla-malzemesi-ve-pla-filament-incelemesi>
- URL-11. (2024, Aralık 18). https://tr.wikipedia.org/wiki/Polilaktik_asit
- URL-12. (2024, Aralık 18). <https://kalipdunyasi.com.tr/tr/guncel/85/polilaktik-asit-pla-plastik-filamentlerin-3d-eklemeli-imalat-uygulamalarinda-kullanimi.html>
- URL-13. (2024, Aralık 18). <https://www.boyutkat.com/3d-yazici-filament/pla-filament-nedir/>
- URL-14. (2024, Aralık 18). https://artiboyut.com/2023/10/21/filamentlerin-detayli-karsilastirilmesi-2/?srsrtid=AfmBOooA_DMUQryzViFUvWJAEMS H7ZdS1F3yr3D-7D8eYdEzkrfIwrc7&utm_source=chatgpt.com
- URL-15. (2024, Aralık 18). <https://divanambalaj.com/>
- URL-16. (2024, Aralık 18). <https://www.team-mfg.com/>
- URL-17. (2024, Aralık 18). <https://filetto3d.com/>
- URL-18. (2024, Aralık 18). <https://maker.robotistan.com/3d-yazici-printer/>
- URL-19. (2024, Aralık 18). <https://www.robocombo.com/blog/icerik/3d-yazici-nedir-ne-ise-yarar>
- URL-20. (2024, Aralık 18). <https://fibilo.com/fdm-3d-baski-teknolojisi/>
- URL-21. (2024, Aralık 18). <https://3d3teknoloji.com/blog/recineli-3d-yazici-teknolojisiyle-uretim/>

ÖZGEÇMİŞ

Barış KOYLU, ilk orta ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. 1999 yılında, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2003 yılında mezun oldu. 2007 yılında Emeniyet Genel Müdürlüğünde Polis Memuru olarak göreve başladı ve halen devam etmektedir. 2022-2023 yılı güz dönemi itibariyle K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

